

7. Провести анализ полученных результатов.
8. Оформить отчет и подготовить его к защите.

Содержание отчета

1. Вариант задания и исходные данные для расчетов.
2. Результаты расчетов конструктивных параметров (табл. I.2).
3. Сборочные чертежи и спецификации ФЯ на корпусированных и бескорпусных ИС и МСБ с указанием основных размеров и размещением компонентов.
4. Расчет комплексного показателя качества конструкции для заданных вариантов.
5. Расчет надежности вариантов конструкции.
6. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Основные задачи, решаемые на стадии эскизного проектирования РЭА.
2. Характерные конструкции ФЯ на корпусированных ИС и МСБ.
3. Конструкции ФЯ на бескорпусных МСБ.
4. Виды конструкций блоков МЭА.
5. Основные показатели конструкций ячеек и блоков.
6. Что понимается под комплексным показателем качества конструкции?

ЛИТЕРАТУРА

Компоновка и конструкции микроэлектронной аппаратуры/ Под ред. Б.Ф. Высоцкого и др. - М.: Радио и связь, 1982. С. 89-138.

Работа 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА БЛОКА ЦИФРОВОЙ МИКРОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НА БЕСКОРПУСНЫХ МИКРОСБОРКАХ

Цель работы - изучение процесса теплообмена, методики исследования тепловых режимов. Выявление связи показателей теплового режима с параметрами конструкции блока цифровой МЭА на МСБ.

Краткие теоретические сведения

Конструкции МЭА являются преобразователями электрической энергии. Вследствие низкого КПД большинства конструкций практически вся потребляемая от источников питания энергия преобразуется в тепло, которое расходуется на нагревание деталей и узлов и частич-

но рассеивается в окружающее пространство. Пространственно-временное распределение температуры в пределах конструкции определяет ее тепловой режим, который количественно принято характеризовать температурным полем и перегревом.

Температурным полем называют совокупность численных значений температуры в различных точках конструкции в некоторый момент времени τ . Перегревом j -й точки конструкции принято называть разность температур этой точки t_j и окружающей среды t_c , т.е.

$$\Delta t_j = t_j - t_c.$$

Тепловой режим конструкции считается нормальным, если температура t_j в любой точке конструкции не превышает допустимую рабочую температуру наименее теплостойкого элемента $t_{\text{доп}}$ или перегрев любой точки Δt_j меньше допустимого для конструкции $\Delta t_{\text{доп}} = t_{\text{доп}} - t_c$.

Показатели теплового режима конструкции зависят от ряда факторов: мощности P и распределения тепловыделяющих элементов (источников тепла), времени работы конструкции τ , параметров конструкции и окружающей среды, теплофизических свойств материалов, эффективности теплообмена конструкции с окружающей средой.

При естественном воздушном охлаждении, характерном для МЭА, теплообмен между конструкцией и окружающей средой происходит тремя способами: конвекцией, излучением и теплопроводностью (кондукцией). Оценкой эффективности теплообмена конструкции с окружающей средой является тепловой поток - количество тепла от поверхности конструкции к среде за единицу времени.

Тепловой поток при теплопередаче конвекцией определяется уравнением Ньютона:

$$P_k = \alpha_k S (t_1 - t_c),$$

где α_k - конвективный коэффициент теплопередачи; S - площадь поверхности теплообмена; t_1, t_c - соответственно температуры поверхности теплообмена и окружающей среды.

При теплопередаче излучением тепловой поток и характеристики нагретого тела связаны уравнением Стефана - Больцмана:

$$P_n = \epsilon_{np} \varphi_{12} C_0 S \left[\left(\frac{t_1 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_c + 273}{100} \right)^4 \right], \quad (2.1)$$

где $C_0 = 5,67 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}^4$ - коэффициент излучения "абсолютно черного" тела; ϵ_{np} - приведенная степень черноты поверхностей тел, участвующих в теплообмене; φ_{12} - коэффициент облученности, показывающий, какая часть энергии, излучаемой первым телом, попадает на второе.

В результате несложных преобразований уравнение (2.1) приводится к виду

$$P_A = \alpha_A S (t_1 - t_c),$$

где $\alpha_A = \varepsilon_{np} \varphi_{ref}(t_1 - t_c)$ — коэффициент теплопередачи излучением.

Теплообмен теплопроводностью (кондукцией) характерен для твердых тел, а также неподвижных жидкостей и газов. Тепловой поток между изотермическими поверхностями S_1 и S_2 с температурами t_1 и t_2 при $t_1 > t_2$ определяется уравнением Фурье:

$$P_T = \alpha_T S_{cp} (t_1 - t_2).$$

Здесь $\alpha_T = \frac{\lambda}{l}$ — кондуктивный коэффициент теплопередачи; λ — коэффициент теплопроводности материала; l — расстояние между изотермическими поверхностями; $S_{cp} = 0,5 (S_1 + S_2)$ — площадь средней изотермической поверхности.

Согласно принципу электротепловой аналогии произведения $\alpha_K S = G_K$, $\alpha_A S = G_A$; $\alpha_T S_{cp} = G_T$ являются тепловыми проводимостями при конвективном, лучевом и кондуктивном теплообмене. Обратные величины представляют собой тепловые сопротивления R_K , R_A и R_T .

Исследование теплового режима состоит в определении $t_j = t_j(\tau, P)$ или $\psi_j = \psi_j(\tau, P)$. В установившемся (стационарном) тепловом режиме ψ_j не зависит от времени, а зависимость $\psi_j = \psi_j(P)$ называют тепловой характеристикой j -й точки (области) конструкции.

В общем случае исследование тепловых режимов выполняют в следующем порядке: определяют класс конструкции и составляют ее тепловую модель; реализуют тепловую модель математически и рассчитывают показатели теплового режима; дают оценку точности теплового моделирования.

В класс объединяются конструкции, имеющие общие признаки и одинаковую физическую основу протекания тепловых процессов. При определении класса конструкций учитывают такие признаки, как структура нагретой зоны, способ охлаждения нагретой зоны, способ охлаждения кожуха и др.

Тепловую модель конструкции или класса получают в результате анализа конструкций, выявления их теплофизических свойств и идеализации процессов теплообмена. Наиболее часто тепловое моделирование выполняется методами изотермических поверхностей и однородного анизотропного тела.

Метод изотермических поверхностей предполагает выделение в конструкции поверхностей с одинаковыми или условно одинаковыми температурами в каждой точке поверхности. Считается, что теплообмен

осуществляется между этими поверхностями. В зависимости от конкретной задачи исследования к изотермическим поверхностям конструкций относят поверхность корпуса со среднеповерхностной температурой t_K , поверхность нагретой зоны с температурой t_3 , поверхность отдельной функциональной ячейки с температурой t_{3j} , поверхность отдельного элемента с температурой t_{31j} и т.д.

Пример построения тепловой модели методом изотермических поверхностей приведен на рис. 2.1 (а — схематическое изображение исходной конструкции; б, в — тепловые модели блока, построенные по методу изотермических поверхностей).

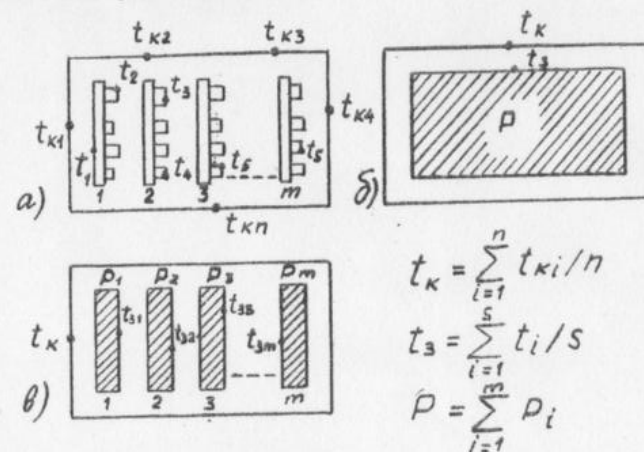


Рис. 2.1

Метод однородного анизотропного тела состоит в представлении реальной конструкции или ее части однородным анизотропным телом в виде прямоугольного параллелепипеда, для которого находят эквивалентные коэффициенты теплопроводности по направлениям осей координат λ_x , λ_y и λ_z . При известных коэффициентах теплопроводности и геометрических размерах тела l_x , l_y , l_z можно определить тепловое сопротивление между центром тела и его поверхностью:

$$R_o = Cl_x / 4\lambda_x l_x l_y.$$

Здесь C — коэффициент, зависящий от отношений геометрических размеров тела и эквивалентных коэффициентов теплопроводности. Значение C обычно представляют графически (см. рис. III в приложении). Графики строят для определенных условий выбора направлений осей координат однородного анизотропного тела. Такими условиями являются неравенства

$$l_x < l_x \sqrt{\lambda_x / \lambda_y} \quad \text{и} \quad l_x < l_y \sqrt{\lambda_x / \lambda_y}.$$

Значение R_0 позволяет найти температуру в центре однородного тела $t_0 = t_s + R_0 P$, где t_s — температура на поверхности тела; P — суммарный тепловой поток источников, расположенных внутри тела.

Для определения эквивалентных коэффициентов теплопроводности конструкции $\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$ необходимо: выделить в структуре конструкции элементарную тепловую ячейку, состоящую из однородных по теплофизическим характеристикам простейших тел правильной геометрической формы; составить схемы теплопередачи в ячейке по направлениям x, y, z и в результате преобразования схем найти тепловые проводимости ячейки $\tilde{\sigma}_{yx}, \tilde{\sigma}_{zy}, \tilde{\sigma}_{xz}$; через тепловые проводимости элементарной тепловой ячейки $\tilde{\sigma}_{yx}, \tilde{\sigma}_{zy}, \tilde{\sigma}_{xz}$ и геометрические размеры конструкции l_x, l_y, l_z найти тепловые проводимости эквивалентного однородного анизотропного тела $\tilde{\sigma}_x, \tilde{\sigma}_y, \tilde{\sigma}_z$ и коэффициенты теплопроводности $\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$.

Элементарная тепловая ячейка представляет собой наименьший объем, включающий один или несколько тепловыделяющих элементов, многократное повторение которого по трем направлениям позволяет воспроизвести исходную конструкцию. Если в конструкции с геометрическими размерами l_x, l_y, l_z по направлениям осей координат укладываются соответственно k, m, n элементарных тепловых ячеек (рис. 2.2), то

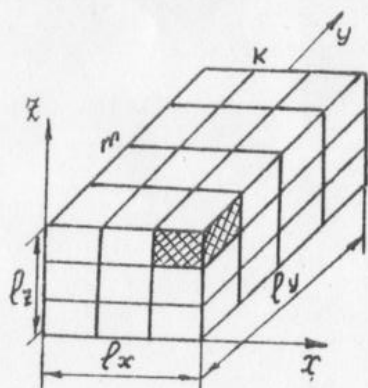


Рис. 2.2

$$\begin{aligned} \tilde{\sigma}_x &= \frac{mn}{k} \tilde{\sigma}_{yx}; & \lambda_x &= \frac{l_y l_z}{l_x} \tilde{\sigma}_x; \\ \tilde{\sigma}_y &= \frac{kn}{m} \tilde{\sigma}_{zy}; & \lambda_y &= \frac{l_x l_z}{l_y} \tilde{\sigma}_y; \\ \tilde{\sigma}_z &= \frac{km}{n} \tilde{\sigma}_{xz}; & \lambda_z &= \frac{l_x l_y}{l_z} \tilde{\sigma}_z. \end{aligned}$$

Метод однородного анизотропного тела применим к конструкциям МЭА с регулярной структурой, т.е. к конструкциям, содержащим большое число одинаковых в конструктивном отношении элементов, повторяющихся во всех трех измерениях.

Для расчета показателей теплового режима конструкций МЭА используются методы: последовательных приближений, тепловой характеристики и коэффициентный.

Метод последовательных приближений основан на итеративном процессе вычисления перегрева \bar{v}_j или температуры t_j . Начальным значением перегрева \bar{v}_j' (температуры t_j') j -й точки конструкции или изотермической поверхности задаются произвольно, после чего определяют суммарную тепловую проводимость $\tilde{\sigma}_\Sigma'$ и расчетное значение перегрева \bar{v}_j^p (температуры t_j^p) в первом приближении:

$$\bar{v}_j^p = P / \tilde{\sigma}_\Sigma'; \quad t_j^p = t_c + P / \tilde{\sigma}_\Sigma'.$$

При выполнении неравенства $|\bar{v}_j' - \bar{v}_j^p| < \delta$, где $\delta = 1 \dots 2^\circ\text{C}$, за истинное значение перегрева принимают \bar{v}_j' или \bar{v}_j^p . Если неравенство не выполняется, то повторяют расчет, положив $\bar{v}_j'' = \bar{v}_j^p$.

Метод тепловой характеристики состоит в построении по расчетным данным зависимости $\bar{v}_j = \bar{v}_j(P)$, по которой для любого значения теплового потока P можно найти перегрев и температуру j -й точки или изотермической поверхности.

Для построения тепловой характеристики задаются произвольным значением перегрева \bar{v}_j' , определяют $\tilde{\sigma}_\Sigma'$ и далее тепловой поток $P' = \tilde{\sigma}_\Sigma' \bar{v}_j'$, который способна рассеять конструкция при данных условиях теплообмена. Координаты \bar{v}_j' и P_j' служат одной точкой тепловой характеристики; второй точкой является начало координат. Таким образом, тепловая характеристика представляет собой прямую, проходящую через начало координат и точку с координатами \bar{v}_j' и P_j' (рис. 2.3).

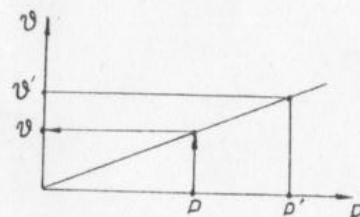


Рис. 2.3

В коэффициентном методе для определения перегрева используется теоретическое соотношение

$$\bar{v}_j = \bar{v}_{0j} \prod_{i=1}^n K_i,$$

где \bar{v}_{0j} — значение перегрева в типовой конструкции при исходных значениях параметров конструкции и окружающей среды; $K_i = \bar{v}_{ij} / \bar{v}_{0j}$ — коэффициенты, характеризующие парциальное влияние отклонений параметров на показатели теплового режима, \bar{v}_{ij} — значение перегрева j -й точки конструкции при изменении i -го параметра; n — число влияющих на перегрев параметров.

Значения \bar{v}_{0j} и K_j находят из графиков, построенных по экспериментальным или расчетным данным.

Ввиду того, что коэффициенты K_z различны для разных классов конструкций, возможности коэффициентного метода ограничиваются применимостью его лишь к определенному классу конструкций.

Описание объекта исследования

Проводится исследование теплового режима блока цифровой МЭА IV поколения. Конструкция блока показана на рис. 2.4. Блок собран на пяти односторонних функциональных ячейках 3, на каждой из которых размещено по восемь бескорпусных резистивных ситалловых подложек типоразмера 24 x 30 мм. Металлическая рамка ячейки с габаритными размерами 154 x 91 x 6 мм изготовлена из алюминиевого сплава Д 16. Коммутационная ШИ выполнена из фольгированного стеклотекстолита СФ-1 толщиной 1,5 мм. Печатные проводники платы обеспечивают параллельное соединение микросборок и входное сопротивление блока около 40 Ом. Крепление ШИ к металлической рамке и подложек к теплоотводящим планкам производится с помощью эпоксидного клея ЭДП. Для защиты от влаги ячейка покрывается одним слоем лака УР-231.

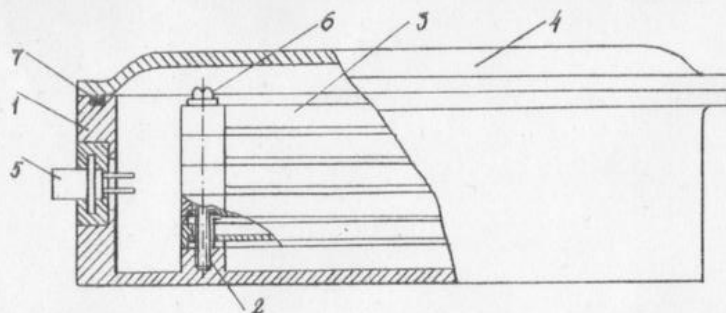


Рис. 2.4

ФЯ собираются в пакет с габаритными размерами 154 x 91 x 30 мм. Пакет ячеек шестью латунными винтами 6 М 3 x 35 крепится к бобышкам 2 основания корпуса, имеющим высоту 8 мм.

Корпус микроблока I с габаритными размерами 183 x 108 x 46 мм выполнен из алюминиевого сплава Д 16. На передней стенке основания корпуса смонтирован разъем 5, на который с помощью жгута из проводников МГТФ выведены цепи питания ФЯ и температурные датчики. Для герметизации блока между основанием и крышкой 4 устанавливается эластичная резиновая прокладка 7. Крепление крышки к основанию производится десятью винтами М 3 x 8. На внешнюю поверхность корпуса нанесено оксидное покрытие.

Тепловая модель микроблока

Для составления тепловой модели блока пользуются методами изотермических поверхностей и однородного анизотропного тела. Предполагается, что поверхность корпуса блока и поверхность нагретой зоны являются изотермическими соответственно со среднеповерхностными температурами t_k и t_z . Нагретая зона представляет собой однородное анизотропное тело с эквивалентными коэффициентами теплопроводности λ_x , λ_y и λ_z . Тепло, выделяемое резисторами микросборок за счет теплопроводности нагретой зоны, передается на ее поверхность. С поверхности нагретой зоны теплопроводностью воздушных прослоек (в прослойках малой толщины конвективный теплообмен малоэффективен), теплового контакта между нижней ФЯ и бобышками основания, теплопроводностью самих бобышек, а также излучением тепло передается на корпус, откуда — конвекцией и излучением — в окружающее пространство. Тепловая схема

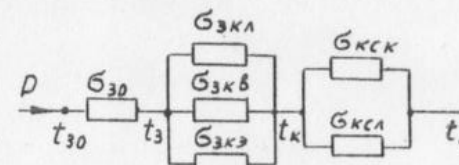


Рис. 2.5

ма микроблока приведена на рис. 2.5, где приняты следующие обозначения: G_{z0} — тепловая проводимость между центром нагретой зоны и ее поверхностью; G_{zk1} , G_{zk2} — тепловые проводимости между поверхностью нагретой зоны и корпусом при лучевой и кондуктивной теплопередаче через воздушные прослойки; $G_{zk3} = G_{tk} \cdot G_{\delta} / (G_{tk} + G_{\delta})$ — эквивалентная тепловая проводимость теплового контакта и бобышек основания; G_{ks1} , G_{ks2} — тепловые проводимости между корпусом и окружающей средой при теплообмене конвекцией и излучением.

Содержание работы

1. Ознакомление с краткими теоретическими сведениями и порядком выполнения работы.
2. Построение тепловой модели микроблока. Подготовка исходных данных для расчета показателей теплового режима микроблока.
3. Расчет на ЭВМ среднеповерхностной температуры корпуса нагретой зоны и температуры в центре нагретой зоны.
4. Исследование связи показателей теплового режима с параметрами конструкции.
5. Экспериментальное исследование показателей теплового режима микроблока.
6. Оценка точности тепловой модели.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из исследуемого микроблока, электронного термометра (ЭТ), источников питания микроблока (ИП1) и электронного термометра (ИП2).

С помощью источника ИП1 устанавливается заданный тепловой режим блока. Источник ИП2 обеспечивает питанием схему ЭТ. Датчиком температуры в ЭТ служит бескорпусной транзистор 2Т318 в диодном включении. Обратное сопротивление коллекторного $p-n$ перехода транзистора является элементом измерительного моста. Напряжение разбаланса моста усиливается операционным усилителем, на выходе которого включен измерительный прибор М265М. Шкала прибора проградуирована в $^{\circ}\text{C}$, цена одного деления шкалы 2°C . В микроблоке установлено 10 датчиков. Датчики 1, 2, 3, 10 размещены на корпусе блока, датчики 4, 5, 6, 8, 9 – на поверхности нагретой зоны, датчик 7 – в центре нагретой зоны. Опрос датчиков производится с помощью кнопочных переключателей, смонтированных на передней панели ЭТ. Структурная схема лабораторной установки приведена в приложении на рис. П.2.1.

Порядок выполнения работы

1. Получить задание у преподавателя: значение теплового потока P , рассеиваемого блоком ($P = 3 \dots 10 \text{ Вт}$), и список параметров конструкции, значения которых предстоит связать с показателями теплового режима блока. Полный список параметров блока и пределы их изменения приведены в табл. П.2.3 приложения.

2. Собрать лабораторную установку и получить у лаборанта разрешение на включение приборов.

3. Включить источник питания электронного термометра. Приблизительно через 5 минут опросить датчики температуры и показания ЭТ занести в таблицу. Среднее значение показаний ЭТ принять за температуру окружающей среды t_c .

4. Произвести расчет среднеповерхностной температуры корпуса, нагретой зоны и температуры в центре нагретой зоны на диалоговом вычислительном комплексе БК-010. Все исходные данные для расчета теплового режима, кроме значения теплового потока P и температуры окружающей среды t_c , введены в память машины. Порядок расчета, основные расчетные соотношения, текст программы и инструкция по ее применению приведены в приложении 2.

Расчет среднеповерхностной температуры корпуса выполняется методом последовательных приближений.

При расчете температуры в центре нагретой зоны t_{z0} блок ФЯ представляют моделью в виде однородного анизотропного тела. Для определения эквивалентных коэффициентов теплопроводности нагретой зоны $\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$ в качестве элементарной тепловой ячейки можно взять всю ФЯ, поскольку с ней связано периодическое повторение геометрических и теплофизических свойств нагретой зоны.

Конструкция ФЯ дана на рис. 2.6. Как видно из рисунка, тепло по направлению X в ячейке передается преимущественно через боковые ребра жесткости рамки 1 и печатную плату 2. Другие элементы конструкции, обладающие относительно высокими коэффициентами теплопроводности, включены последовательно с воздушными прослойками. Сравнение коэффициентов теплопроводности материала рамки $\lambda_p = 170 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$, стеклотекстолита $\lambda_n = 0,17 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$ и воздуха $\lambda_{возд} = 0,025 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$ позволяет выделить основную цепь теплопередачи в ячейке по направлению X – ребра жесткости рамки 1 с усредненными размерами $2 \times 6 \times 91 \text{ мм}$.

Аналогичен механизм передачи тепла в ячейке и по направлению Y . Основными цепями переноса тепла являются верхнее (3) и нижнее (4) ребра жесткости рамки с усредненными геометрическими размерами $2 \times 6 \times 154 \text{ мм}$ и $2 \times 4 \times 154 \text{ мм}$.

По направлению Z тепло в пределах ФЯ передается через винты, стягивающие ячейки в пакет и через ребра жесткости рамки 1 и 3, по которым осуществляется тепловой контакт между ФЯ в пакете. Результаты расчета показателей теплового режима блока занести в отчет и оформить в виде таблицы.

5. Произвести исследование связи показателей теплового режима с параметрами конструкции блока. Задача решается по программе в режиме построения графиков. Для работы программы необходимо указать номер параметра в соответствии с выведенным на экран дисплея списком и пределы изменения параметра. Графики зависимостей t_k , t_z и t_{z0} от изменения заданных параметров конструкции перенести в отчет по лабораторной работе. Проанализировать полученные зависимости.

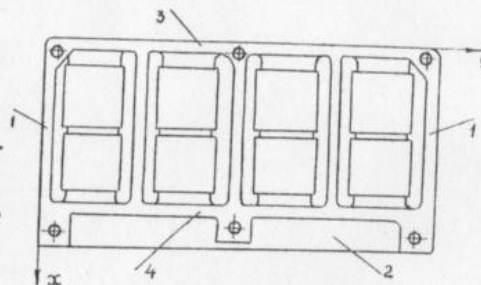


Рис. 2.6

6. Включить источник питания микроблока, установить входное напряжение и ток, соответствующие заданному значению теплового потока P .

7. Произвести исследование динамики процесса установления в блоке стационарного теплового режима. Для этого через каждые 5 минут после подачи питания на микроблок снимать показания ЭТ. Полученные данные занести в таблицу. Время выхода блока на стационарный режим 35...40 мин.

8. Произвести расчет среднеповерхностных температур корпуса $t_{ЭК}$, нагретой зоны $t_{ЭЗ}$, $t_{ЭЗО}$ в процессе выхода микроблока на стационарный тепловой режим. Построить графики зависимости $t_{ЭК}$, $t_{ЭЗ}$, $t_{ЭЗО}$ от времени.

9. Для экспериментальных значений температур $t_{ЭК}$, $t_{ЭЗ}$, $t_{ЭЗО}$, соответствующих стационарному тепловому режиму, произвести оценку точности теплового моделирования: $\delta_i = \frac{|t_{Эи} - t_i|}{t_{Эи}}$, где $t_{Эи}$ - экспериментальное, t_i - расчетное значение температуры корпуса, нагретой зоны и центра нагретой зоны.

10. Проанализировать полученные результаты.

Содержание отчета

1. Цель лабораторной работы. Содержание задания.
2. Эскиз конструкции микроблока; его тепловая модель; тепловая схема.
3. Структурная схема лабораторной установки.
4. Исходные данные для расчета на ЭВМ теплового режима микроблока.
5. Расчетные значения среднеповерхностных температур корпуса, нагретой зоны, температуры в центре нагретой зоны и их зависимости от параметров конструкции.
6. Таблица экспериментальных значений температур, отражающих процесс выхода микроблока на стационарный тепловой режим, графики зависимости $t_{ЭК}$, $t_{ЭЗ}$ и $t_{ЭЗО}$ от времени.
7. Результаты оценки точности теплового моделирования микроблока.
8. Анализ полученных результатов и выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Основные показатели теплового режима конструкций.
2. Теплообмен конструкций с окружающей средой.
3. Методы теплового моделирования конструкций МЭА.

4. Методы расчета тепловых режимов конструкций МЭА.

5. Порядок составления тепловой модели исследуемого микроблока.

6. Составить тепловую схему процесса теплообмена микроблока с окружающей средой.

7. Как производится оценка точности теплового моделирования микроблока?

ЛИТЕРАТУРА

1. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. - М.: Высшая школа, 1984. - С. II-22, I57-I60, I72-I74, 208-213.

Работа 3. ОТРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОСБОРОК ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ МЕТОДАМИ

Цель работы - изучение методов экспериментальной отработки функциональных показателей МСБ, определение параметров модели функциональной точности и расчет допусков показателей МСБ.

Краткие теоретические сведения

Показатели качества конструкций МЭА принято делить на функциональные и материальные. К функциональным относятся все энергоинформационные показатели: выходная мощность, несущая частота сигнала, чувствительность, коэффициент передачи, ширина полосы пропускания фильтра, быстродействие и др. Материальные показатели (масса, объем, стоимость, интенсивность отказов и др.) характеризуют материальное содержание конструкции.

Исходя из многоуровневого принципа построения, в конструкции выделяются функционально и конструктивно законченные части - конструктивно технологические единицы (КТЕ). Требуемая точность функциональных показателей КТЕ высоких уровней (блоков, устройств) обеспечивается выбором строго определенных значений показателей КТЕ низких уровней (МСБ, функциональных узлов). Отработка функциональных показателей микросборки по своему содержанию является задачей обеспечения функциональной точности и решается в следующем порядке:

получение математической модели МСБ в виде

$$F_j = F_j(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (3.1)$$