

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ СИЛ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Одесская национальная академия пищевых технологий

Предложен метод использования диэлектрических жидкостей в качестве охлаждающего элемента в системе регулирования температуры электронных устройств. В разработанном методе используется особенность поведения диэлектрических жидкостей в электростатическом поле. Показана связь между эффективностью терморегулирования и режимом включения/выключения подачи электрического питания на радиоэлектронное устройство. Приведена конкретная схема реализации предложенного способа регулирования температурного режима устройства.

Ключевые слова: способ охлаждения, диэлектрическая жидкость, электроды, силы электростатического взаимодействия, радиоэлектронное устройство.

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется обеспечению надежности систем терморегулирования и термостатирования радиоэлектронной аппаратуры. Это связано с возрастанием уровня тепловыделений на поверхности электронных элементов. Поэтому разработка эффективных систем охлаждения и терморегулирования непосредственно влияют на такие важнейшие показатели, как плотность компоновки, потребляемая мощность, быстродействие и др. Система охлаждения должна постоянно находиться в рабочем состоянии и отводить тепловые выделения от конкретного блока радиоэлектронного устройства только при его функционировании, обеспечивая повышение ее энергетической эффективности. По этой тематике существует большое число публикаций, что показывает актуальность проблемы [1 - 3].

В радиоэлектронных устройствах охлаждающими агентами являются преимущественно диэлектрические жидкости. Это связано с электрическим питанием электронных устройств и использование в качестве охлаждающих агентов электропроводных сред недопустимо из-за возможных электрических пробоев. Использование диэлектрических жидкостей позволяет избежать этих проблем и обеспечить надежный температурный режим при работе электронных блоков.

Энергетическая эффективность системы охлаждения и, следовательно, всего радиоэлектронного устройства является не менее важным требованием, чем надежность и безопасность системы, т.к. отвод теплового потока от конкретного блока радиоэлектронного устройства необходим только при его функционировании. Проведенные исследования показали, что такой эффект достигается при использовании электростатических сил.

Объекты и методы исследований

Разработанный способ охлаждения электронных устройств на основе сил электростатического взаимодействия [4] решает многие вопросы, которые возникают при необходимости регулировки расхода жидкого агента в системе охлаждения. Схематическое изображение системы приведено на рисунке. Устройство для охлаждения содержит герметичную камеру 1, заполненную диэлектрическим хладагентом 2 и сообщающуюся с одной стороны с каналами 3,4 и 5 для циркуляции хладагента 2 и с другой стороны – с теплообменником 6, общую шину 7 питания источника питания 8, электроды 9, расположенные в каналах 5 между их стенками, которые являются экранами для электродов 9. Стенки каналов 3,4 и 5 электрически подсоединены к шинам 10 нулевого потенциала, коммутирующие элементы 11 в виде выключателей, количество которых равно количеству электродов 9 и которые электрически соединены с общей шиной 7 источника питания 8 и с соот-

ветствующими электродами 9. Каналы 3,4 и каналы 5 расположены взаимно перпендикулярно между собой с образованием рамок, в которых расположены блоки радиоэлектронной аппаратуры 12. При этом, каналы 3 и 4 перпендикулярны относительно герметичной камеры 1 и являются коллекторами, которые сообщены с каналами 5, расположенными параллельно между собой и относительно герметичной камеры 1. Таким образом, каналы 3,4,5 и герметичная камера 1 по сути являются корпусом и скелетной основой охлаждаемой радиоэлектронной конструкции. Электроды 9 имеют полярность, противоположную полярностям стенок 6 каналов 5.

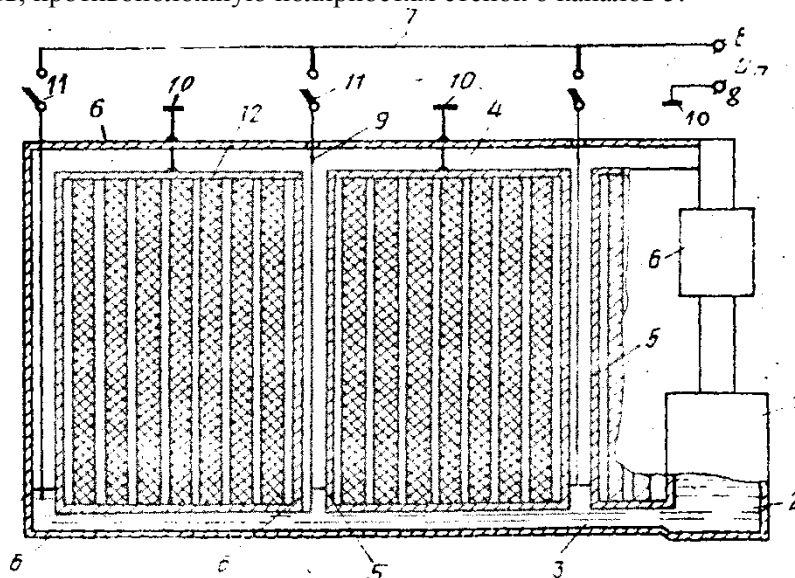


Рис.1. Схема системе охлаждения

Принцип работы устройства заключается в следующем:

В герметичную камеру 1 заливают диэлектрический хладагент 2 в таком количестве, что он заполняет камеру 1, канал 3 и частично каналы 5. Тепловыделяющие блоки 12 расположены в пространстве, ограниченном стенками 6 каналов 3-5. Стенки 6 каналов 5 и электроды 9 образуют электрический конденсатор, частично погруженный в диэлектрический хладагент 2. К электродам 9 конденсатора подключается напряжение с помощью коммутирующих элементов 11. При включении напряжения в каналах 5 создается электростатическое поле и на диэлектрическую жидкость 2, заполняющую систему охлаждения и находящуюся между электродами 9 и стенками каналов 6, действует выталкивающая сила. Анализ работы устройства приведен в [5].

Выталкивающая сила определяется по формуле (1):

$$F_i = \frac{1}{8\pi} E^2 \text{grad } \epsilon \quad (1)$$

где: F_i – выталкивающая сила, н;

E – приложенное напряжение, в

ϵ - диэлектрическая постоянная рабочей среды

Величину суммарной выталкивающей силы, которая воздействует на диэлектрическую охлаждающую жидкость в зависимости от числа работающих каналов охлаждения можно определить по соотношению (2):

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=0}^n F_i \quad (2)$$

где: F_{Σ} - суммарная выталкивающая сила, в зависимости от числа работающих тепловыделяющих элементов i (охлаждающих каналов), которое изменяется от 0 до n .

Результаты исследования

Испытания системы производилось на разных режимах работы. В качестве диэлектрической жидкости использовался жидкий диэлектрик на основе фторорганических соединений

При всех работающих каналах (случай, когда напряжение подается на все электроды) величина суммарной выталкивающей силы, то есть напор охлаждающей диэлектрической жидкости, был максимальным и происходило охлаждение всех каналов.

При последовательном отключении каналов, то есть отключения подачи питания на электрод канала, напор движения диэлектрической жидкости уменьшался и достигал 0 при отключении всех каналов.

Стабильность работы системы охлаждения позволяла ступенчато, при включении канала увеличивать скорость движения теплоносителя и увеличивать теплосъем всего устройства. Конструктивно система охлаждения выполняется в виде остова электронного модуля и каналы расположены непосредственно в его стенках и перегородках. Такая простота выполнения системы охлаждения резко повышает ее надежность и экономичность, так как не требуется дополнительных устройств, обеспечивающих ее работу. Отсутствие в системе охлаждения движущихся элементов (вентиляторов, насосов) также повышает ее производственную надежность.

Выводы

Сопоставление предложенной и исследованной системы охлаждения электронных устройств на основе сил электростатического взаимодействия с известными и применяемыми техническими решениями показывает ее значительные преимущества. Эти преимущества заключаются [6]:

- в простоте управления работой системы;
- в отсутствии дополнительных устройств (радиаторов, вентиляторов, насосов);
- в минимизации материалоемкости всего электронного модуля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Steven L. Garrett. Thermoacoustic refrigerator for space applications // Journal of thermophysics and heat transfer. 1993. Vol. 7. N 4.

[2] Ratnesh K. Sharma. Inkjet assisted spray cooling of electronics. IMAPS Advanced technology workshop (ATW) on thermal management for high-performance computing and wireless applications. October 2003.

[3] Dmitry E. Milovzorov Local Electric Fields in Dielectric and Semiconductors, Electric Field, Mohsen Sheikholeslami Kandelousi, IntechOpen, May 23rd 2018. DOI: 10.5772/intechopen.74310.

[4] А. с. 1670818 СССР, МКИ Н 05 К 7/20. Устройство для охлаждения / Я. Г. Верхивкер, С. И. Глезер, Э.И.Альтман, Г.А.Черный (СССР)/ № 4360886/21 заявл. 07.01.88; опубл. 15.08.91, Бюл. No 30. -2 с

[5] Yacov G. Verkhivker, Ella I. Aktman. Use the Electric field of Electronic devices for Realization of efficient module cooling // Non- compression refrigeration & cooling. Second International work- shop. Odessa, Ukraine, 2001, p.91

[6] Альтман Э.И., Верхивкер Я.Г. Система охлаждения электронных устройств на основе сил электростатического взаимодействия. Сборник докладов VII Международной научно - технической конференции «Казахстан – Холод 2017», Алматы, март, 2017, С.17-19.

Рекомендована кафедрою теплоенергетики та трубопроводного транспорту енергоносіїв ОНАХТ

Альтман Элла Ильинична – канд. техн. наук, доцент, кафедра теплоэнергетики и трубопроводного транспорта энергоносителей института холода, криотехнологии и экоэнергетики имени В. С. Мартыновского Одесской национальной академии пищевых технологий, Одесса; тел. 067-4853314; e-mail: ellaa@ukr.net.

Верхивкер Яков Григорьевич – д-р техн. наук, профессор кафедры биоинженери и воды технологического института имени М.В. Ломоносова Одесской национальной академии пищевых технологий, Одесса; тел. 067-4804928; e-mail: yaverkhivker@gmail.com

**E.I Altman
Y.G. Verkhivker**

Using electrostatic forces to create a cooling system for electronic devices

Odessa National Academy of Food Technologies

A method is proposed for using dielectric liquids as a cooling element in the temperature control system of electronic devices. The developed method uses a feature of the behavior of dielectric liquids in an electrostatic field. The relationship between the efficiency of thermal control and the on / off mode of supplying electric power to the electronic device is shown. A specific implementation scheme of the proposed method for controlling the temperature regime of the device is given.

Keywords: cooling method, dielectric fluid, electrodes, electrostatic interaction forces, electronic device.

Altman Ella I. - PhD, Associate Professor, Department of Power engineering and pipeline transport of energy, Odessa National Academy of Food Technologies, 067-4853314, e-mail: ellaa@ukr.net.

Verkhivker Yakov G. - Dr. Tech. sciences, Professor, Department of bioengineering and water, Odessa National Academy of Food Technologies, 067-4804928; e-mail: yaverkhivker@gmail.com

**Е. І. Альтман
Я.Г. Верхівкер**

Використання електростатичних сил для створення системи охолодження електронних пристроїв

Одеська національна академія харчових технологій

Запропоновано метод використання діелектричних рідин в якості охолоджуючого елемента в системі регулювання температури електронних пристроїв. У розробленому методі використовується особливість поведінки діелектричних рідин в електростатичному полі. Показано зв'язок між ефективністю терморегулювання і режимом включення / вимикання подачі електричного живлення на радіоелектронний пристрій. Наведено конкретна схема реалізації запропонованого способу регулювання температурного режиму пристрою.

Ключові слова: спосіб охолодження, діелектрична рідина, електроди, сили електростатичного взаємодії, радіоелектронний пристрій.

Альтман Елла Іллівна - канд. техн. наук, доцент, кафедра теплоенергетики та трубопровідного транспорту енергоносіїв інституту холоду, кріотехнології і екоенергетики імені В. С. Мартинівського Одеської національної академії харчових технологій, Одеса; 067-4853314, e-mail: ellaa@ukr.net.

Верхівкер Яків Григорович - д-р техн. наук, професор кафедри біоінженерії та води технологічного інституту імені М.В. Ломоносова Одеської національної академії харчових технологій, Одеса; тел. 067-4804928; e-mail: yaverkhivker@gmail.com