

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

**АЛМАТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
АЛМАТИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ALMATY TECHNOLOGICAL UNIVERSITY**

**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ТОҢАЗЫТУ АКАДЕМИЯСЫ
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА
INTERNATIONAL ACADEMY OF REFRIGERATION**



**VII ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ҚАЗАҚСТАН-ТОҢАЗЫТУ 2017»**

**VII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«КАЗАХСТАН-ХОЛОД 2017»**

**VII INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
«KAZAKHSTAN-REFRIGERATION 2017»**

**Конференция баяндамаларының жинағы
15-16 наурыз, 2017 ж.**

**Сборник докладов конференции
15-16 марта 2017 г.**

**Proceedings of the Conference
March 15-16, 2017**

Алматы, 2017

УДК 621.56/59(063)

ББК 31.392

К14

Сборник докладов подготовлен под редакцией
доктора технических наук, академика **Кулажанова Т.К.**

Редакционная коллегия:

Цой А.П., Бараненко А.В., Кантарбаев Р.А.,
Шлейкин А.Г., Андреева В.И. (ответ.секретарь)

К14 Казахстан-Холод 2017: Сб. докл. межд.науч.-техн. конф. (15-16 марта
2017 г.) – Алматы: АТУ, 2017. – 285 с.

ISBN 978-601-263-389-4

В докладах представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в Казахстане, Германии, России, Японии и Украине по следующим направлениям: холодильная техника и компрессоростроение, теплохладоснабжение, системы кондиционирования воздуха и жизнеобеспечения, экология в холодильной промышленности, холодильная и пищевая технология. Сборник рассчитан на специалистов и ученых, работающих в областях холодильной, пищевой, химической, нефтеперерабатывающей промышленностей, а также на специалистов по системам кондиционирования воздуха и жизнеобеспечения жилых, коммерческих зданий и спортивных комплексов.

УДК 621.56/59(063)

ББК 31.392

ISBN 978-601-263-389-4

© АТУ, 2017

УДК 621.395.67.7

СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ СИЛ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

*Альтман Э.И.¹, кандидат тех наук., Верховкер Я.Г.¹, доктор тех наук
ОНАПТ Украина, г. Одесса
E-mail: ella@ukr.net, j.g.v.2007@mail.ru*

Проблема надежного охлаждения электронных устройств в настоящее время является одной из основных в радиоэлектронике, так как от реализации этого процесса в значительной степени зависит работоспособность как отдельных блоков, так и всей конструкции. Большое количество публикаций посвященных этой тематике [1-6], также свидетельствует о том, что решение проблемы актуально.

Охлаждающими агентами в электронных устройствах являются преимущественно диэлектрические жидкости. Это связано с тем, что для работы электронных устройств необходимо подводить к ним источники электричества и использование в качестве охлаждающих агентов электропроводных сред недопустимо из-за возможных электрических пробоев. Использование диэлектрических охлаждающих сред позволяет избежать эти проблемы и обеспечить надежный температурный режим при работе электронных блоков.

Не менее важным требованием для системы охлаждения радиоэлектронной аппаратуры, чем обеспечение ее безопасного функционирования, является экономичность системы. Система охлаждения должна быть постоянно в рабочем состоянии, но включаться в активную работу и отводить тепловые выделения от конкретного блока радиоэлектронного устройства только при его функционировании. Выполнение этого требования позволяет существенно повысить энергетическую эффективность системы охлаждения и, следовательно, всего радиоэлектронного устройства.

Разработанный и исследованный способ охлаждения электронных устройств на основе сил электростатического взаимодействия [7] решает все вышеизложенные трудности, которые возникают при реализации системы охлаждения элементов радиоэлектронных конструкций. Суть способа иллюстрируется схематическим изображением системы охлаждения. 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 соответствующими 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.

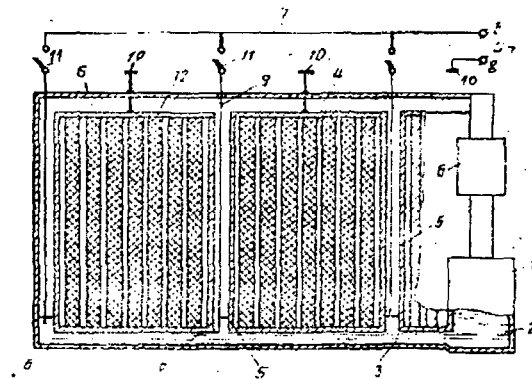


Рисунок 1 – Конструкция охлаждающего устройства

Описанная конструкция охлаждающего устройства работает следующим образом.

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, величину которой можно рассчитать 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 .

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

При всех работающих каналах 5 (случай, когда напряжение подается на все электроды 9) 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 для ее работы. Отсутствие в системе охлаждения движущихся элементов (вентиляторов, насосов) также повышает ее производственную надежность.

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 [8]:

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Steven L. Garrett. Thermoacoustic refrigerator for space applications // Journal of thermophysics and heat transfer. 1993. Vol. 7. N 4.
2. Dr. Thomas Licht, Dr. Jurgen Schulz-Harder. Micro channel water-cooled power modules.PCIM Power Conversion Intelligent Motion Power Quality. Nurnberg. June 2000.
3. Dr. Schulz-Harder, Dipl.-Ing. Suavi Orey. Thermal management of dense power electronics for drives // Power Electronics Europe. 2002. Issue 3.
4. 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.
5. Thilo Horvatitsch. Winzlinge mit hohem Potenzial // Laser. 2001. Issue 4.
6. CWI. Wasserkuhlung fur Server // с'т. 2002. Issue 10.
7. 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.
8. 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.