

4. Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М./ Излучающее термоэлектрическое устройство с рекуперацией энергии. Вестник Международной академии холода. 2014. № 1. С. 43-45.

УДК 621.396

Исмаилов Т.А., Рашидханов А.Т., Юсуфов Ш.А.

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА БЛОКОВ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Ismailov T.A., Rashidhanov A.T., Yusufov Sh.A.

THERMOELECTRIC DEVICES TO PROVIDE THERMAL BLOCK MODE ELECTRONIC SYSTEMS

В статье рассматривается термоэлектрическое охлаждающее (ТЭО) устройство для обеспечения теплового режима блоков радиоэлектронных систем кассетной конструкции, даны направления конструктивных решений использования ТЭО устройства, приведено описание экспериментального стенда и методики проведения эксперимента, приведены зависимости температуры на имитаторе электронной платы от отводимой ТЭО мощности, температур горячих и холодных спаев, скорости воздушного потока и расстояния между электронными платами.

Ключевые слова: *термоэлектрическое охлаждающее устройство, тепловой режим, радиоэлектронные системы, экспериментальные исследования, электронная плата.*

The article deals with thermoelectric cooling (TEC) device to provide thermal mode power electronics systems cluster design, are areas of constructive solutions use the feasibility study of the device, a description of the experimental facility and methodology of the experiment, the dependences of temperature on the simulator of the electronic board from the exhaust of the feasibility study power, temperatures of hot and cold junctions, the speed of the air flow and the distance between the electronic boards.

Key words: *thermoelectric cooling device, a heat mode, electronic systems, experimental studies, electronic board.*

Известно, что от теплового режима элементов и функциональных узлов радиоэлектронной аппаратуры существенно зависит надежность всего устройства в целом. Статистические исследования показали, что в 55% случаев выхода приборов и устройств причиной отказа является именно нарушение температурного режима [1].

Использование специальных методов охлаждения и терморегулирования, основанных на конвективном переносе тепла от радиоэлектронных систем

(РЭС) в окружающую среду позволяет добиться необходимого температурного режима работы элементов и РЭС в целом. Создание для РЭС постоянных температурных условий, обеспечивающих при помощи термоэлектрических охладителей нормальную работу аппаратуры в широком температурном интервале (от $+60$ до -60° С), в принципе на сегодняшний день может быть осуществлено различными конструктивными решениями [2].

Среди них наиболее целесообразными представляются три конструктивных направления:

1. Термоэлектрический охладитель (ТЭО) как источник тепла и холода представляет собой самостоятельный узел, а охлаждение аппаратуры осуществляется посредством транспортировки теплоносителя (жидкости, газа) к местам расположения аппаратуры.
2. Охлаждение аппаратуры осуществляется посредством компоновки ее тепловыделяющих элементов группами в отдельных стандартизированных теплоизолированных объемах, охлаждаемых ТЭО.
3. Изготовление отдельного (микромодульного) элемента совместно с ТЭО. При этом могут быть варианты разборного и неразборного сочленения термоохладителя с объектом охлаждения.

Охлаждение РЭС во всем ее объеме при помощи обработанного в ТЭО воздуха или жидкости имеет ряд особенностей, ограничивающих область ее использования, однако оно целесообразно в тех случаях, когда имеется множество малогабаритных тепловыделяющих элементов с высокими удельными тепловыми потоками, и смонтированные, в так называемые, «кассетные конструкции», ориентированные относительно шасси РЭС вертикально или горизонтально.

Известны шкафы для РЭС [3], содержащие корпуса, воздухопроводы, теплообменники и блоки управления. Например, известен шкаф для размещения РЭС, в котором теплообменник выполнен в виде игольчатого радиатора, снабженного закрывающим его со всех сторон кожухом, в боковых стенках которого выполнены отверстия и основание с окном. Вентиляторы, вмонтированы в сквозные каналы, установленные между зигзагообразными участками трубопровода теплообменника, сообщающиеся с ним через окно его основания, а теплоотводящие каналы сообщаются с теплообменником через боковые отверстия его кожуха.

В известных шкафах нерационально используются объемы, занимаемые блоками вентиляторов и теплообменником; усложнены конструкции; недостаточная эффективность теплообменника; отсутствует возможность автоматического регулирования теплового режима и тушения возможного возгорания РЭС.

В предлагаемой конструкции [4] для охлаждения радиоэлектронной аппаратуры содержится корпус и расположенные в нем теплообменник и сквозные каналы с вентиляторами, выполненными в виде единого выдвижного блока, а также проложенные вдоль стенок корпуса теплоотводящие каналы для охлаждающей среды; выдвижной блок, снабженный расположенным над

ним радиатором, выполненным из высокотеплопроводного металла как одно целое со стенками сквозных каналов, и установленной в нижней части закрытого корпуса с образованием между ним и нижним основанием корпуса полости, через которую сообщаются теплоотводящие каналы и сквозные каналы с вентиляторами. К стенкам сквозных каналов с их внешней стороны присоединены «холодные» спаи батареи термоэлектрических модулей, к «горячим» спаям которых примыкает змеевик с хладагентом, снабженный впускным и выпускным патрубками. Данная конструкция для охлаждения РЭС обеспечивает возможность автоматического регулирования теплового режима и отличается от известных, соединением вентиляторов и теплообменника для охлаждения воздуха в единый компактный выдвижной блок, позволяющий более эффективно использовать занимаемый ими объем шкафа. В нем использованы термоэлектрические модули, связанные с регулятором температуры и датчиком фактической температуры, что позволит не просто более эффективно, по сравнению с существующими устройствами, охлаждать воздух, но и автоматически регулировать тепловой режим в шкафу в необходимых пределах.

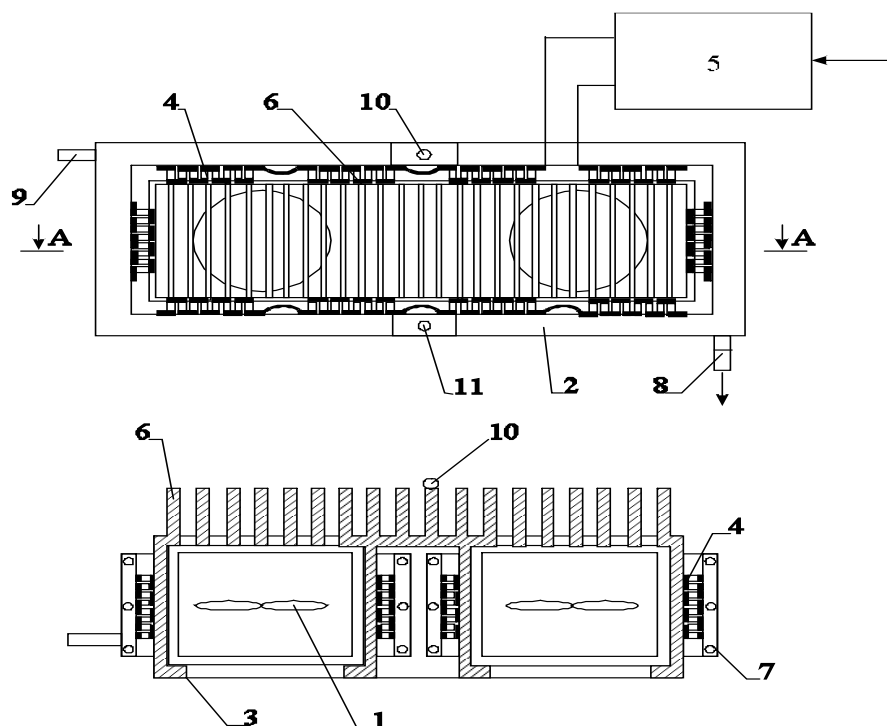


Рисунок 1 - ТООУ для радиоэлектронного шкафа

На рис.1 показано устройство блока для охлаждения РЭС. Каждый вентилятор 1 в выдвижном блоке 2 заключен в выполненную из высокотеплопроводного металла прямоугольную ячейку 3, к стенкам которой с внешней стороны припаяны «холодные» спаи термоэлектрических модулей 4, подключенных последовательно к выходу блока автоматического регулятора температуры 5, вход последнего связан с датчиком температуры (не показан), расположенным внутри шкафа рядом с элементами РЭС. Блок вентиляторов сверху накрыт ребристым радиатором 6, выполненным также из высокотеплопроводного металла и припаянным к стенкам ячеек 3. «Горячие» спаи

термоэлектрических модулей 4 охлаждаются, например, фреоном, протекающим по змеевику 7, снабженному впускным и выпускным 9 патрубками и электромагнитными вентилями 10 и 11, связанными с датчиками возгорания (не показаны), расположенными внутри шкафа рядом с элементами РЭС.

Принцип работ устройства следующий. На блок автоматического регулятора температуры 5 устанавливают необходимую внутри шкафа температуру. В зависимости от этой заданной температуры и фактической температуры в шкафу, измеряемой расположенным в нем датчиком, на выход блока автоматического регулятора 5 устанавливается напряжение определенной полярности и величины. Ток, пропорциональный этому напряжению, проходит через последовательно включенные термоэлектрические модули 4, при этом они начинают охлаждать стенки каналов 3 и радиатор 6 и нагревать змеевик 7, и, наоборот, в зависимости от полярности на выходе блока автоматического регулятора 5. Воздух, нагнетаемый вентиляторами 1, проходя через каналы 3 и щели (жалюзи) радиатора 6, охлаждается, и, в свою очередь, охлаждает элементы РЭС, проходя через секции шкафа. Из верхней части шкафа воздух через теплоотводящие каналы, прилегающие к стенкам шкафа, проходит вниз в полость для забора воздуха, расположенную под блоком с вентиляторами, затем цикл повторяется. Для проведения экспериментальных исследований термоэлектрической системы охлаждения электронных плат в блоках кассетной конструкции с использованием ТЭО был собран стенд, на котором исследовался разработанный и изготовленный в лаборатории опытный образец.

Структурная схема стенда приведена на рис. 2.

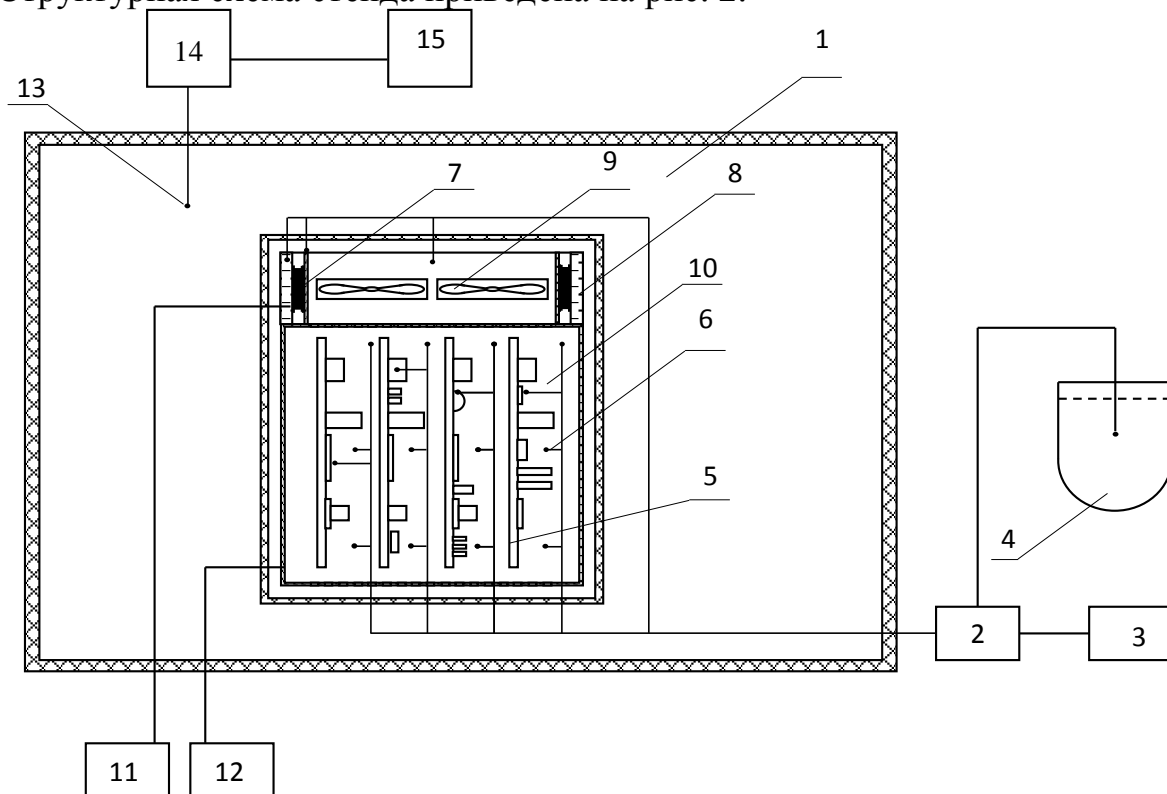


Рисунок 2 - Структурная схема экспериментального стенда

Экспериментальные исследования проводились в теплоизолированной климатической камере 1, термостатируемый рабочий объем которой составляет 120 л. Камера обеспечивает поддержание температуры в пределах от 283 до 343 К с точностью 0,2° С и относительной влажности от 30% до 98%.

Заданная температура и относительная влажность в камере регулируется блоком управления 14, связанным с датчиком температуры и влажности 13, показания которого регистрируются цифровым табло 15.

Объектом экспериментальных исследований являлся опытный образец системы охлаждения, представляющий собой ТЭО 7, выполненный из стандартных унифицированных термоэлектрических модулей типа ICE-71.

ТЭО устанавливался на водяной радиатор 8, применяемый для съема тепла с горячих спаев ТЭО. Для принудительного воздушного охлаждения радиатора на холодных спаях термобатареи использовались осевые вентиляторы 9, подводящие и отводящие потоки воздуха. Направленный воздушный поток проходит сквозь радиатор на холодных спаях и, охладившись поступал в блок 10 с электронными платами 5. На имитаторе электронной платы 5, в качестве тепловыделяющих элементов применялись плоские нихромовые электронагреватели.

Для определения основных параметров исследуемого опытного образца при испытаниях нами замерялись следующие величины: напряжение и ток на ТЭО; температуры на ее спаях; температуры, напряжение и ток на нагревателях, температуры воздуха на входе в блок, и вдоль электронной платы.

Температуры на горячей и холодной сторонах ТЭО, а также электронагревателей измерялись медь-константановыми термопарами 6, опорные спаи которых находились в сосуде Дьюара 4. Выходные сигналы с термопар через многоканальный переключатель 2 поступали на измерительный комплекс 3. Питание ТЭО осуществлялось от регулируемого источника постоянного тока 11. Ток, проходящий через ТЭО, и напряжение на ней контролировались встроенными в блок питания приборами. Для питания имитаторов тепловой нагрузки (электронагревателей) использовался аналогичный источник постоянного тока 12.

Для исследования опытного образца системы охлаждения проводились измерения температуры в нескольких точках, а именно, на тепловыделяющих элементах, на спаях ТЭО и на радиаторе. Предварительно определялась величина тока и напряжения, соответствующая рассеиваемой мощности элементов в пределах от 10 до 30 Вт.

Основной задачей, стоящей при проведении экспериментальных исследований, являлось определение температурных зависимостей тепловыделяющих элементов имитатора электронной платы при их охлаждении воздушным потоком от параметров ТЭО. Важным являлось сравнение полученных экспериментальных результатов с теоретическими с целью проверки адекватности математической модели на практике.

В опыте в качестве имитатора электронной платы использовалась гетинаксовая пластина длиной 30 см, шириной 20 см и толщиной 0,3 см, содер-

жащая тепловыделяющие элементы с суммарной мощностью тепловыделений 50 Вт, 100 Вт, 150 Вт.

Для регулирования скорости воздушного потока регулировалось напряжение на осевых вентиляторах, установленных на ребрах радиатора холодных спаев термобатареи. На рис. 3-8 представлены результаты экспериментального исследования ТЭО для системы обеспечения теплового режима блока РЭС кассетной конструкции.

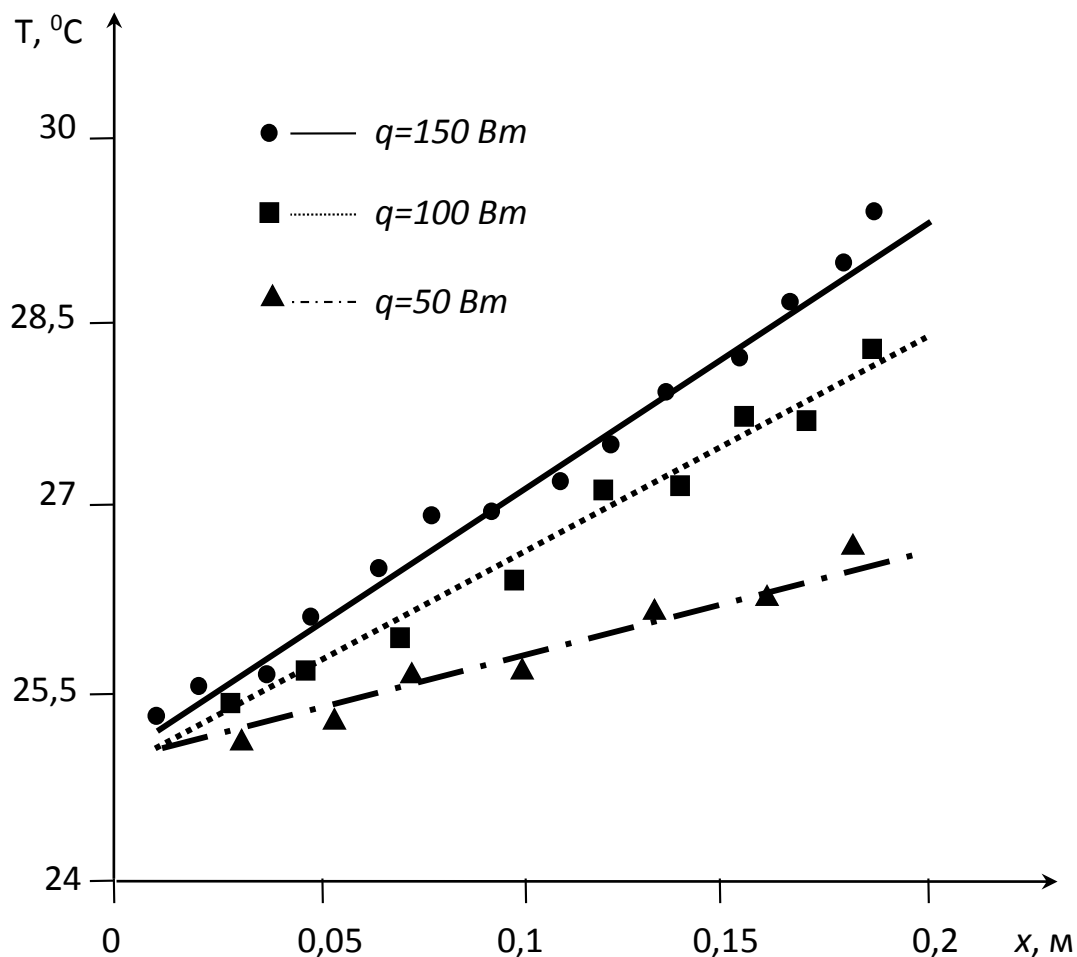


Рисунок 3 - Распределение температуры вдоль потока воздуха при различных суммарных мощностях источников тепловыделений

Анализ графиков на рис. 3 показывает, что изменение температуры потока воздуха вдоль электронной платы в составе РЭС не столь значительно (≈ 3 градуса), однако при работе электронных элементов большой мощности в экстремальных режимах может быть причиной выхода элемента из строя вследствие перегрева. Как показали экспериментальные исследования, увеличение скорости воздушного потока вдоль платы имеет смысл до определенного значения. Как видно на рис. 4, увеличение скорости свыше 0,6 м/с не приводит к дальнейшему снижению температуры платы, причём зависимость от суммарной мощности элементов на плате незначительна, и как следствие, отпадает необходимость в использовании высокоскоростных вентиляторов, что понижает их энергопотребление и уровень шума.

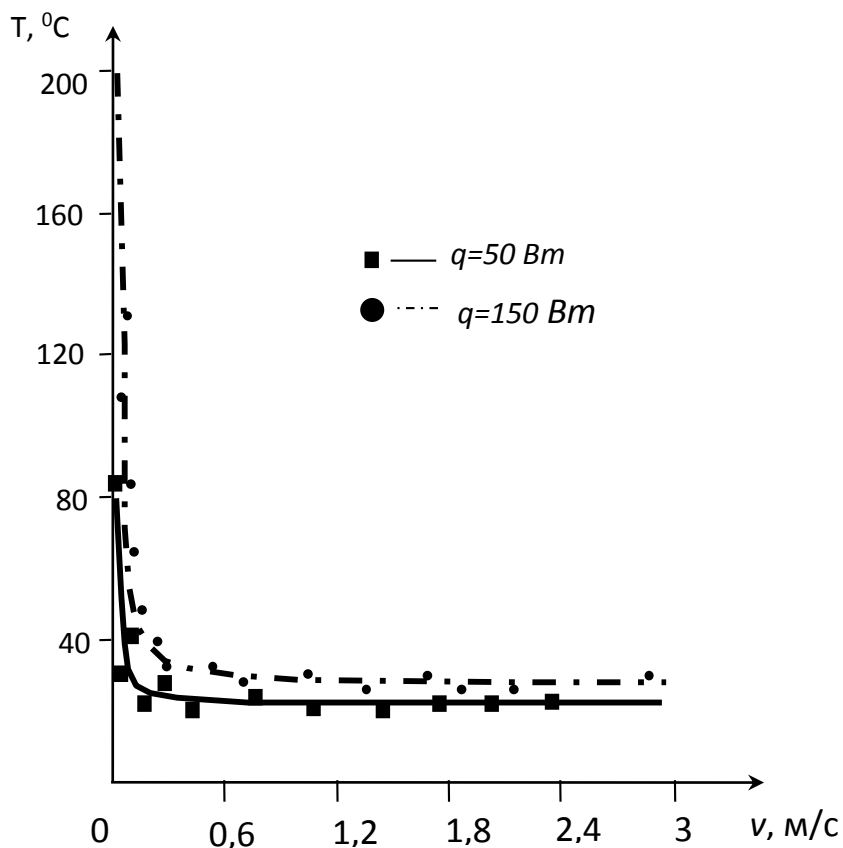


Рисунок 4 - Зависимости температуры платы от скорости воздушного потока при различной суммарной мощности источников тепловыделений

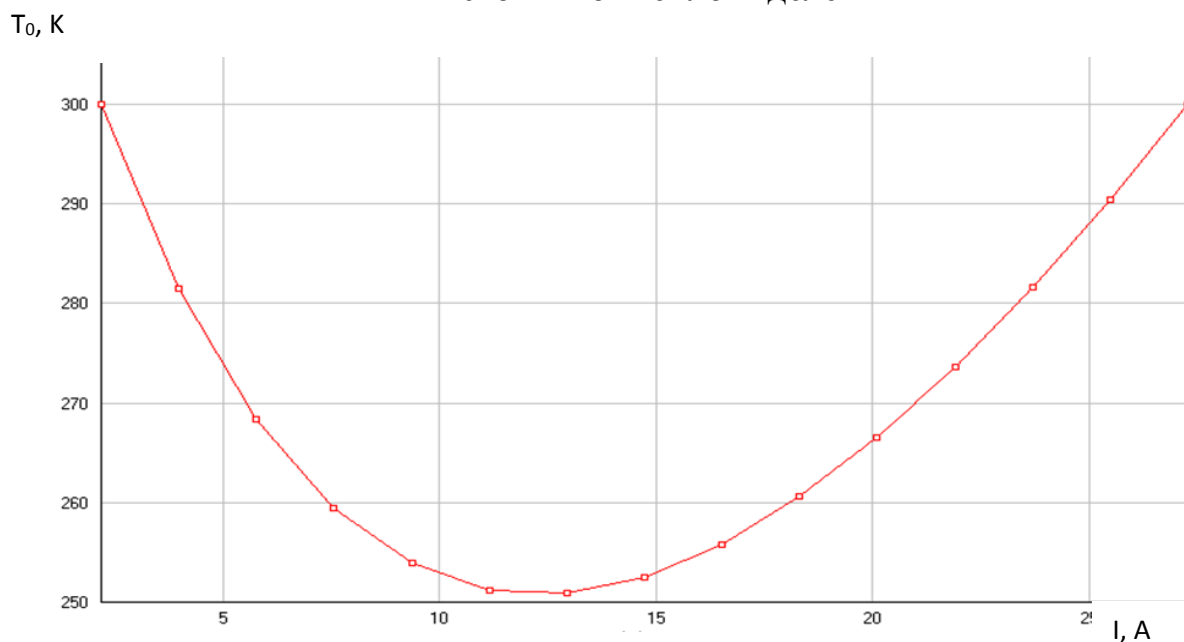


Рисунок 5 - Зависимость температуры холодного спая T_0 от тока питания при температуре горячего спая $T_r=300 \text{ K}$

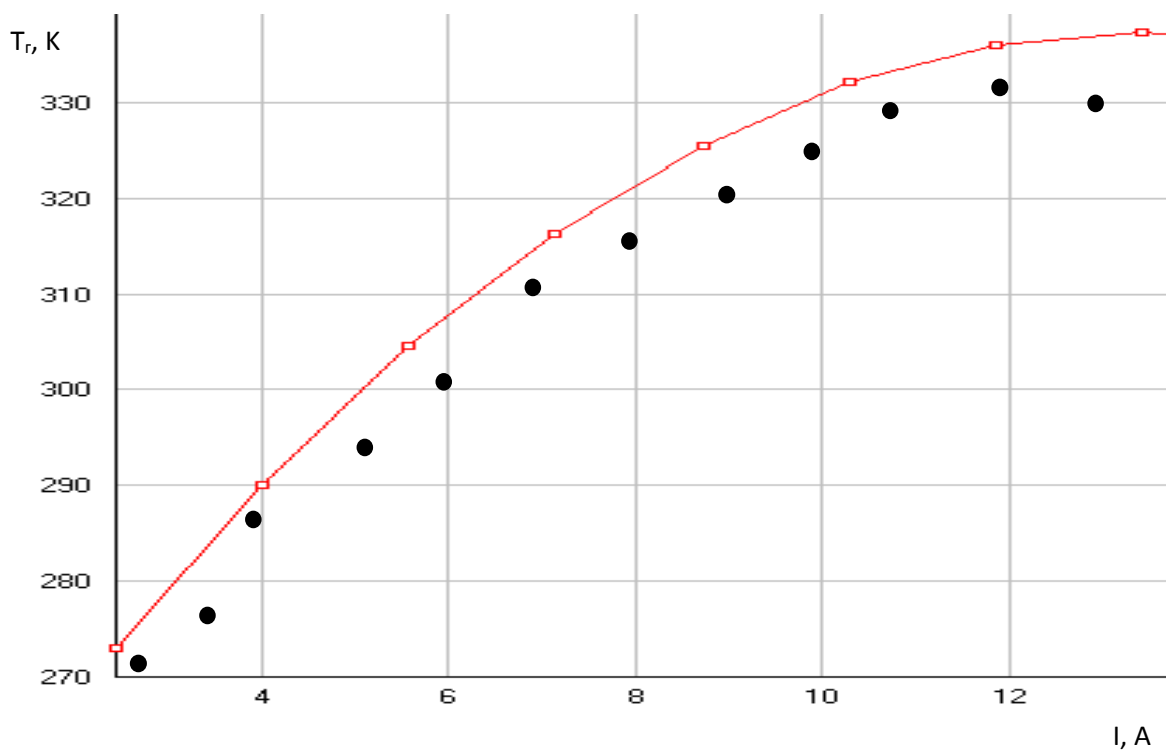


Рисунок 6 - Зависимость температуры горячего спая T_r от тока питания при тепловой нагрузке 100 Вт

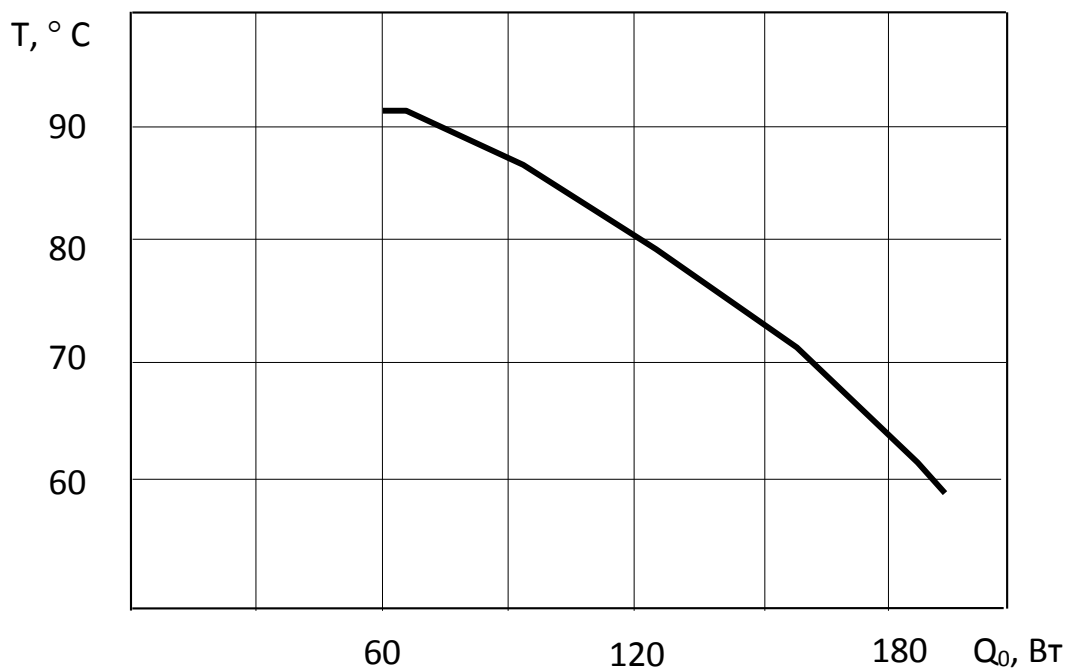


Рисунок 7 - Зависимость температуры на имитаторе электронной платы от отводимой ТЭО мощности, при мощности тепловых нагрузок 80 Вт

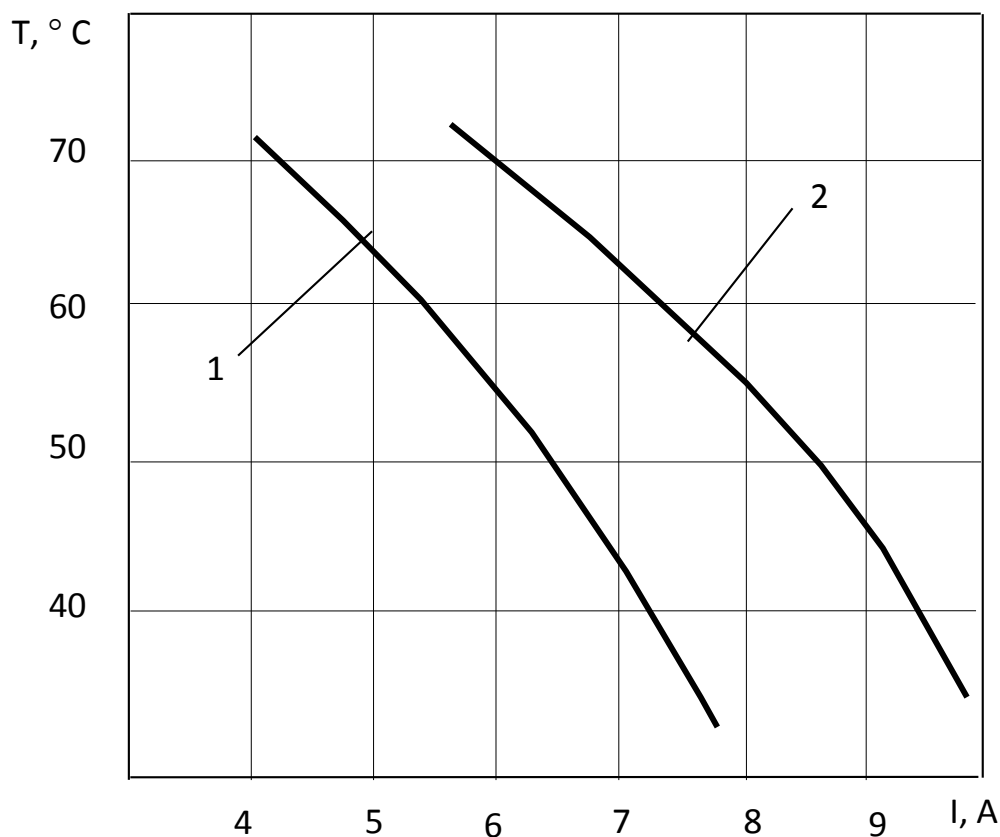


Рисунок 8 - Зависимость максимальной температуры на имитаторе электронной платы от тока, питающего ТЭО:

- 1 – мощность тепловых источников на плате 50 Вт;
- 2 – мощность тепловых источников на плате 80 Вт;

Оптимальным током для питания ТОУ для достижения максимального охлаждения, согласно рис.5, является значение в пределах 11-12 А, однако температура горячего спая термоэлектрических модулей при данных токах (рис.6) превышает значение 330 К, что говорит о необходимости обеспечения эффективного теплоотвода с них избыточной теплоты. Кроме того, без стабилизации температуры на горячем спае станет невозможным обеспечение необходимой холодопроизводительности ТОУ, для снижения температуры на электронной плате. Согласно рис.7-рис.8 минимальная холодопроизводительность для обеспечения приемлемой для электронных компонентов температуры (60 °) при мощности тепловых нагрузок в 80 Вт составляет более 180 Вт. Однако, требуемая для надежного функционирования электронных элементов температура, обеспечиваемая за счет ТОУ существенно зависит от мощности источника тепловыделений (электронного элемента). Так, экспериментальные исследования (рис.8) показали, что приемлемую температуру электронного элемента на плате при более низких мощностях тепловыделения можно обеспечить при токах питания 7-9 А.

Исходя из экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что предлагаемая конструкция термоэлектрического охлаждающего устройства

для обеспечения теплового режима РЭС блоков кассетной конструкции позволяет регулировать температурный режим электронных компонентов на плате и достигать температур, необходимых по техническим условиям эксплуатации. Однако необходимо резервировать мощность источника электропитания для функционирования ТОО пропорционально мощности источников тепловыделений. Кроме того, важным моментом для функционирования ТОО является обеспечение эффективного отвода теплоты с горячих спаев используемых ТЭМ.

Библиографический список:

1. Роткоп Л.Л., Гидалевич В.Б., Гунн Л.А., Максименко В.Д. Оценка влияния тепловых режимов в РЭА на ее надежность. – "Вопросы радиоэлектроники. Сер. ТРТО", 1972, вып.1.
2. Исмаилов Т.А. Термоэлектрические полупроводниковые устройства и интенсификаторы теплопередачи. С-Пб.: Политехника, 2005.
3. Ненашев А.И. Конструирование радиоэлектронных средств. – М.: Высш.шк.,1990. -432с.
4. Патент № 2203523 РФ. Шкаф для охлаждения радиоэлектронной аппаратуры / Исмаилов Т.А., Цеханская Т.Э., Салманов Н.Р., Юсуфов Ш.А.//Б.И.№12, 2003.

УДК 612.141+519.688

Кишов Р.М.

УСТРОЙСТВО НЕПРЕРЫВНОГО НЕИНВАЗИВНОГО МОНИТОРИНГА АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

Kishov R.M.

NONINVASIVE CONTINUOUS BLOOD PRESSURE MONITORING DEVICE

В медицинской практике часто применяются так называемые суточные мониторы артериального давления (СМАД). Такой монитор позволяет врачу увидеть график изменения артериального давления в течение суток, в привычной для обследуемого среде и в типичном для него ритме жизни. Существующие и применяющиеся в медицинской практике системы СМАД предполагают проведение нескольких измерений осциллометрическим методом в течение десятка минут. Однако сердечно-сосудистая система чрезвычайно гибка и способна реагировать на возбуждения очень быстро. При неудачном стечении обстоятельств у традиционных систем СМАД существует веро-