

УДК 621.37/39-181.4

Вопросы оптимизации режимов электропитания термоэлектрических охладителей фотоприемников в составе оптико-электронной аппаратуры

Г. А. Аракелов, А. В. Самвелов

Предложены ступенчатые режимы включения и выключения термоэлектрических охладителей, позволяющие как оптимизировать условия эксплуатации фотоприемников в составе оптико-электронной аппаратуры, так и существенно повысить надежностные характеристики рассматриваемого класса изделий, поскольку доказано, что при существующих традиционных режимах электропитания охладителей фотоприемников — циклы on-off — на фоточувствительные элементы в процессе эксплуатации изделий действуют аномально жесткие, неоднократно повторяющиеся термоудары, которые негативно влияют на фотоэлектрические параметры фотоприемников.

PACS: 85.60.Gz

Ключевые слова: фотоприемник, термоэлектрический охладитель, цикл, надежность.

Введение

В настоящее время во многих областях науки и техники нашли широкое применение фотоприемники (ФП) на базе многокаскадных термоэлектрических охладителей (ТЭО), обеспечивающих пониженные температурные уровни охлаждения ФЧЭ, что, в свою очередь, позволяет реализовать требуемые значения удельной обнаружительной способности D^* , а также спектрального диапазона чувствительности [1, 2]. Однако, как это было неоднократно установлено, именно у таких изделий в результате их эксплуатации в составе оптико-электронной аппаратуры после нескольких циклов on-off при воздействии повышенной температуры окружающей среды T_{oc} появляются дополнительные избыточные шумы ФЧЭ. При этом значения D^* перестают соответствовать норме, и приборы подвергаются рекламации.

Настоящая статья представляет некоторые результаты экспериментальных исследований по оптимизации режимов электропитания ТЭО ФП, позволяющие исключить вышеуказанные негативные явления.

Объект исследований

В качестве объекта исследований было выбрано одно из наиболее современных изделий, а

именно, 14-площадочный ФП с ФЧЭ на основе PbSe. Этот прибор комплектуется 3-каскадным ТЭО, который в режиме стабилизации рабочего тока $I = 1,1$ А характеризуется потребляемой мощностью $W \approx 4,5$ Вт. Изделие заполнено тяжелым инертным газом с низким коэффициентом теплопроводности (ксенон). Температура охлаждения ФЧЭ фиксируется с помощью специального микроминиатюрного термодатчика (ТД) резисторного типа.

Цель исследований

Целью исследований являлось выяснение, как и почему эксплуатация изделия при повышенной температуре окружающей среды T_{oc} после нескольких циклов on-off приводит к деградации фотоэлектрических параметров изделия.

Методика исследований

Исследованиям подвергались две выборки изделий в количестве по 5 шт. в каждой. В соответствии с техническими условиями на изделие испытания производились при повышенном (333 К) значении T_{oc} . Количество циклов on-off составляло 5. При этом для первой выборки изделий цикл заключался в мгновенных включениях ($I = 1,1$ А) и выключениях ТЭО. Отличие цикла для второй выборки изделия заключалось в ступенчатом выключении ТЭО путем первоначального понижения I до значения 0,2 А со временной выдержкой в течение 30 мин, а затем выключении ТЭО. Параметром-критерием годности изделий до и после

Аракелов Григорий Арамович, ведущий научный сотрудник.

Самвелов Андрей Витальевич, начальник НТЦ.

ФГУП «НПО "Орион"».

Россия, 111402, Москва, ул. Косинская, 9.

Тел. (495) 374-94-00. E-mail: orion@orion-ir.ru

Статья поступила в редакцию 15 апреля 2011 г.

© Аракелов Г. А., Самвелов А. В., 2012

проведения испытаний являлось нормированное среднее по 14-ти каналам ФП значение $D^* = 3,0 \cdot 10^9 \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{Гц}^{1/2} \cdot \text{см}$ при $T = 293 \text{ К}$.

Изделия при испытаниях монтировались на радиаторе с тепловым сопротивлением 4,5 К/Вт, который конструктивно представлял собой точную копию соответствующего узла оптико-электронной аппаратуры. Во время испытаний проводился постоянный мониторинг значений температур ФЧЭ t по показаниям ТД и T_1 радиатора с помощью медь-константановой термопары.

Результаты исследований, их интерпретация

В ходе испытаний были зафиксированы следующие усредненные по обеим выборкам результаты. После включения ТЭО стационарное тепловое состояние наблюдалось через $\approx 1,5$ ч. При этом при $T = 333 \text{ К}$ параметры t и T_1 , соответственно, имели значения ≈ 238 и $\approx 353 \text{ К}$.

При мгновенном выключении ТЭО у первой выборки ФП в течение короткого времени отмечалось резкое повышение значения t и через ≈ 30 с достигалась максимальная величина, равная $\approx 354 \text{ К}$. Затем по мере остывания радиатора происходило выравнивание значений t , T и T_1 и через $\approx 1,5$ ч $t = T = T_1$. Контроль D^* после завершения испытаний показал, что у трех из пяти изделий из-за появления дополнительных избыточных шумов ФЧЭ величина этого параметра оказалась меньше нормы.

У второй выборки ФП после их перевода на режим $I = 0,2 \text{ А}$ фиксировалось постепенное изменение величин t и T_1 , причем первого параметра в сторону повышения, а второго — в сторону понижения. Через 30 мин были зарегистрированы $t = 293 \text{ К}$ и $T_1 \approx 336 \text{ К}$. После выключения ТЭО через ≈ 25 с происходило дальнейшее повышение t до 336 К , а затем через ≈ 1 ч выравнивание до $t = T = T_1 = 333 \text{ К}$. Проверка D^* после окончания испытаний не выявила ни у одного из исследованных изделий отклонений от нормы.

Таким образом, опытным путем было подтверждено, что при эксплуатации ФП в составе оптико-электронной аппаратуры в условиях воздействия повышенной температуры окружающей среды и традиционных (мгновенных) циклов on-off могут снижаться фотоэлектрические параметры изделий. Причина такого негативного явления, очевидно, определяется особенностями функционирования ТЭО. Во включенном состоянии эта составная часть изделия работает как тепловой насос, т. е. перекачивает тепло с пониженного температурного уровня (зона монтажа ФЧЭ) на

повышенный. Причем самая "горячая" зона с наиболее высокой температурой системы "ФП + радиатор" располагается внутри рабочего объема ФП на стыке ТЭО с цоколем изделия. При мгновенном отключении ТЭО тепловой насос перестает действовать и тепловой поток по законам теплопроводности меняет свое направление на противоположное, т. е. устремляется от "горячей" зоны к области расположения ФЧЭ. В результате этого процесса на ФЧЭ регистрируется температура выше окружающей. В нашем случае $t = 354 \text{ К}$ (выше T на $\approx 1 \text{ К}$). В общем, характеризуя тепловое состояние первой выборки ФП после выключения ТЭО, можно отметить, что в течение короткого промежутка времени (≈ 30 с) ФЧЭ претерпевает аномально жесткий термоудар с перепадом температур $\approx 116 \text{ К}$. Стоит также отметить, что $t \approx 354 \text{ К}$ на $\approx 16 \text{ К}$ превышает температуру теплоустойчивости ФЧЭ ($\approx 338 \text{ К}$).

Можно предположить наличие несомненной связи между наблюдаемой деградацией фоточувствительных параметров и описанного процесса изменения теплового состояния ФП после мгновенного выключения ТЭО, который, по-видимому, сопровождается как деструкцией самого ФЧЭ, так и электрических контактов его подложки с сигнальными выводами. Эта гипотеза, безусловно, требует проведения дальнейших исследований для ее подтверждения. Однако положительный результат исследований по второй выборке ФП, когда путем применения ступенчатого выключения ТЭО жесткость термоудара была существенно снижена, весьма показателен.

Заключение

Основным результатом проведенных исследований можно считать доказанность влияния электрических и временных особенностей циклов on-off на фотоэлектрические параметры ФП. Для каждой из систем "ФП+радиатор" необходимо индивидуально подбирать режимы циклов, избегая при этом мгновенное выключение ТЭО. Дальнейшее развитие таких исследований позволит оптимизировать условия эксплуатации ФП в составе оптико-электронной аппаратуры и существенно повысить надежные характеристики рассматриваемого класса изделий.

Литература

1. Arakelov G. A. // Journal of Thermoelectricity. Chernovtsy: Institute of thermoelectricity. 1993. V. 1. No. 1. P. 59.
2. Аракелов Г. А. // Прикладная физика. 2002. № 6. С. 78.

Questions of optimization of power supply conditions of thermoelectric photoreceiver coolers in the structure of the optoelectronic equipment

G. A. Arakelov, A. V. Samvelov

Orion Research-and-Production Association

9 Kosinskaya str., Moscow, 111402, Russia

E-mail: orion@orion-ir.ru

It is proved that under the existing traditional power supply conditions for photodetectors (PD) thermoelectric coolers (TEC) — the cycles on and off — in the process of exploitation of the products the photosensitive elements (PSE) are affected by hard repeated thermoblows which negatively influence the constructional and photoelectrical parameters of PD. Step make-and-break conditions have been offered for photoreceiver TEC which allow to optimize the service conditions of PD in the structure of optoelectronic equipment and increase the reliable characteristics of the products under considerations.

PACS: 85.60.Gz

Keywords: photodetector, thermoelectric cooler, cycle, reliability.

Bibliography — 2 references.

Received April 15, 2011

* * *