УДК 621.362

АВТОНОМНОЕ ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО НА БАЗЕ МОДУЛЯ ПЕЛЬТЬЕ

В.М. Сандалов, К.В. Романов

Рассмотрены вопросы, посвященные исследованию автономного зарядного устройства на базе модуля Пельтье в качестве генератора электрической энергии.

Ключевые слова: модуль Пельтье, автономный источник, энергонезависимость, зарядное устройство.

Жизнедеятельность человека и природы всегда связана с разностью температур. Элемент Пельтье – простейший преобразователь тепловой энергии в электрическую и, соответственно, потенциально наиболее эффективный инструмент для создания автономного зарядного устройства. Очевидно, что гарантированный и независимый источник питания устройств телекоммуникации в современных условиях, когда мобильные устройства развиваются и требуют все большей мощности, необходим.

Одно из решений данной проблемы – это внешний аккумулятор с солнечной батареей – Power Bank, однако он не имеет возможности самостоятельной подзарядки.

Зарядные устройства могут быть основаны на ином принципе – элементе Пельтье. Модуль Пельтье позволяет преобразовывать тепловую энергию в электрическую и наоборот [3].

В настоящее время модули Пельтье используются в основном в режиме генератора тепловой энергии, а не электрической. На рынке бытового оборудования представлены автохолодильники, рассчитанные на напряжение аккумулятора машины с разницей температур с окружающей средой до 30–40 градусов Цельсия. Также модули Пельтье применяют в компьютерной технике для охлаждения электронных компонентов вычислительной техники. Кроме того, имеются туристические печи с электрогенератором Пельтье стоимостью от 40000 рублей. Но в таких печах используются специализированные модули Пельтье, рассчитанные на большие перепады температур порядка 100–200 градусов Цельсия [2].

Применение модулей Пельтье в автономном зарядном устройстве ограничивает ряд нерешенных важных научно-технических задач, таких как отсутствие рекомендаций по применению элементов Пельтье при небольших перепадах температур, недостаточность проработки вопросов о стабилизации тока зарядки, проблемы нагрева и охлаждения поверхностей.

Элемент Пельтье – это термоэлектрический преобразователь, принцип действия которого базируется на эффекте Пельтье – возникновении разности температур при протекании электрического тока. Элемент Пельтье может быть и генератором электрической энергии. Генерация базируется на эффекте Зеебека – явлении возникновения ЭДС в замкнутой электрической цепи, состоящей из последовательно соединённых разнородных проводников, контакты между которыми находятся при различных температурах. Возникновение эффекта Зеебека вызвано несколькими эффектами:

- зависимость средней энергии электронов от температуры в различных веществах;
- различная зависимость от температуры контактной разности потенциалов;
- фононное увлечение.

Для оценки термо-ЭДС используют выражение:

$$E=\int_{T_1}^{T_2} \alpha_{12}(T)dT,$$

где α_{12} – коэффициент термо-ЭДС; T_2 – температура «горячей» стороны элемента; T_1 – температура «холодной» стороны элемента.

Целью работы являлось исследование достаточно дешевых и довольно распространенных полупроводниковых модулей Пельтье при различных условиях в режиме генератора электрической энергии (табл. 1).

Можно отметить, что цена розничной закупки элемента Пельтье повышается с ростом его тепловой мощности при относительно малом

изменении габаритов элемента. Естественно, цена зависит от страны-производителя и от объема закупки.

Таблица 1

Паспортные данные модулей Пельтье

Параметр	Характеристики		
Тип элемента	TEC1-127120	TEC1-127060	TEC1-127040
Тепловая мощность, Вт	120	60	40
Разность температур, °С	60	60	60
Максимальный ток, А	12	6	4
Максимальное напряжение, В	15,4	15,4	15,4
Габариты (АхВхС), мм	50x50x4	40x40x4	40x40x4,8
Стоимость (отечественный производитель/Китай), руб.	2300/400	1000/200	980/120

На первом этапе выполнения проекта исследования проводились на установке, приведенной на рис. 1. Электрическая схема опыта приведена на рис. 2. Перечень измерительных приборов лабораторной установки и их погрешности представлены в табл. 2.

Рис. 1. Фотография экспериментальной установки

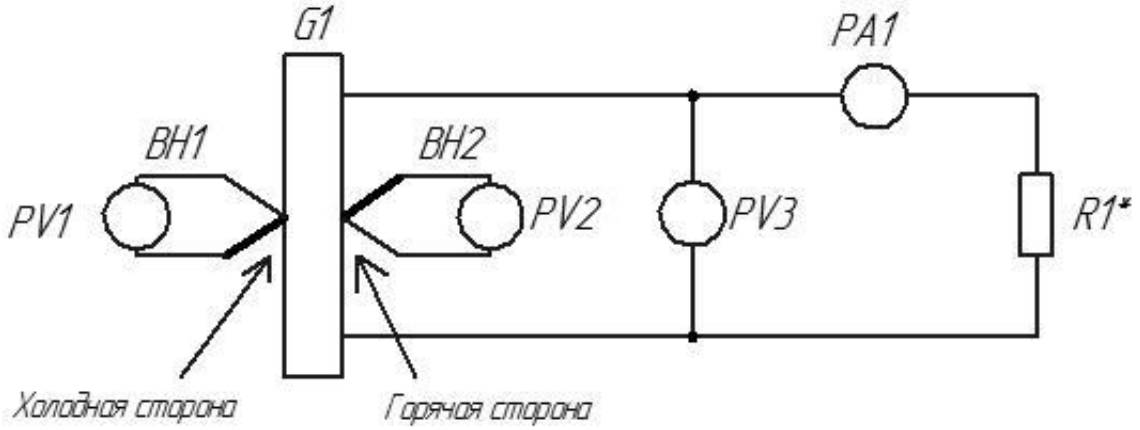

Рис. 2. Схема функциональная экспериментальной установки

Таблица 2

Перечень измерительных приборов лабораторной установки

Название прибора	Обозначение	Параметр	Погрешность
Ампервольтметр Ц4311	PA1	Ток нагрузки	±0,5 %
Мультиметр Mastech M890C с термопарой (BH1)	PV1	Температура	± 0,75 % ± 3 °C
Мультиметр HoldPeak HP-890CN с термопарой (BH2)	PV2	Температура	± 0,65 % ± 3 °C
Мультиметр Mastech M890G	PV3	Напряжение	±1,2 %

Одна сторона элемента Пельтье была прикреплена к нагревателю с регулируемой температурой нагрева, а другая – к водяной системе охлаждения. С обеих сторон фиксировалась разность температур и, изменяя нагрузку R1*, снимались электрические характеристики. Результаты опытов холостого хода приведены на рис. 3, где за базу принята температура «холодной» стороны элемента Пельтье.

ЭДС холостого хода линейна для каждого элемента Пельтье и практически не зависит от его мощности. В зоне отрицательных температур «холодной» стороны ЭДС критически снижается. Таким образом, возможность рационального применения элементов Пельтье в качестве генератора электрической энергии связана с необходимостью нагрева одной из сторон до максимальной температуры порядка 80 °C.

Нагрузочные характеристики элементов Пельтье при постоянном перепаде температур 60 °C приведены на рис. 4. Вольт-амперные характеристики с высокой точностью аппроксимируются прямыми, а зависимость мощности от тока – параболами.

По аппроксимирующим характеристикам рассчитаны параметры элементов Пельтье с учетом режима работы (табл. 3).

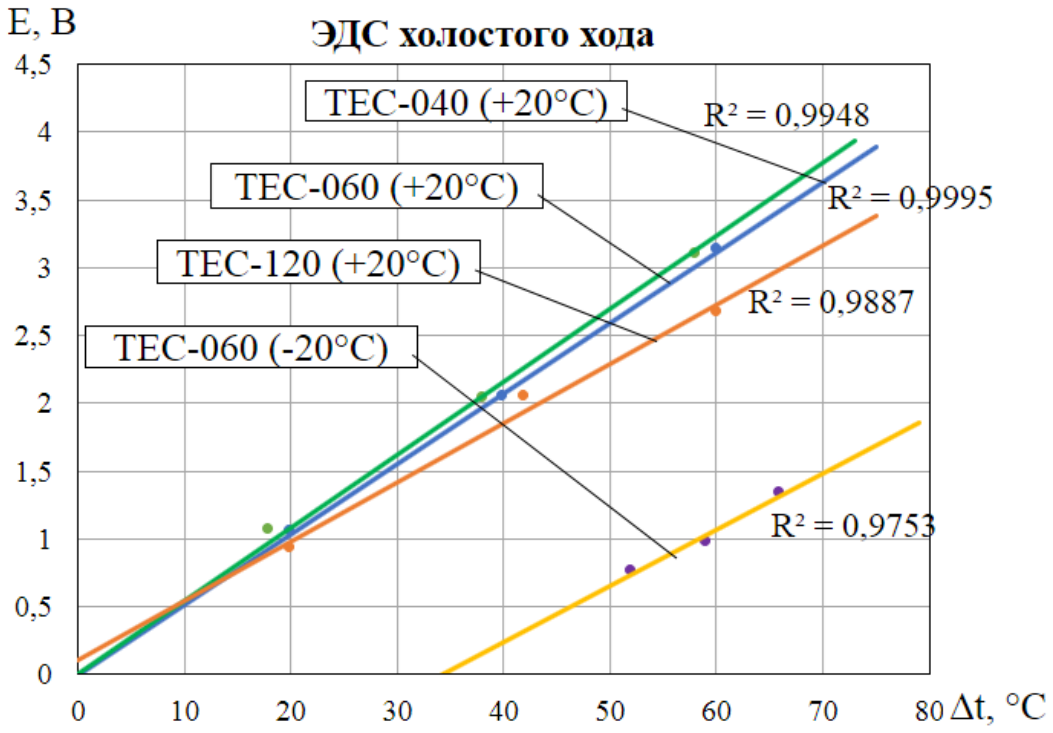

Рис. 3. Характеристики холостого хода

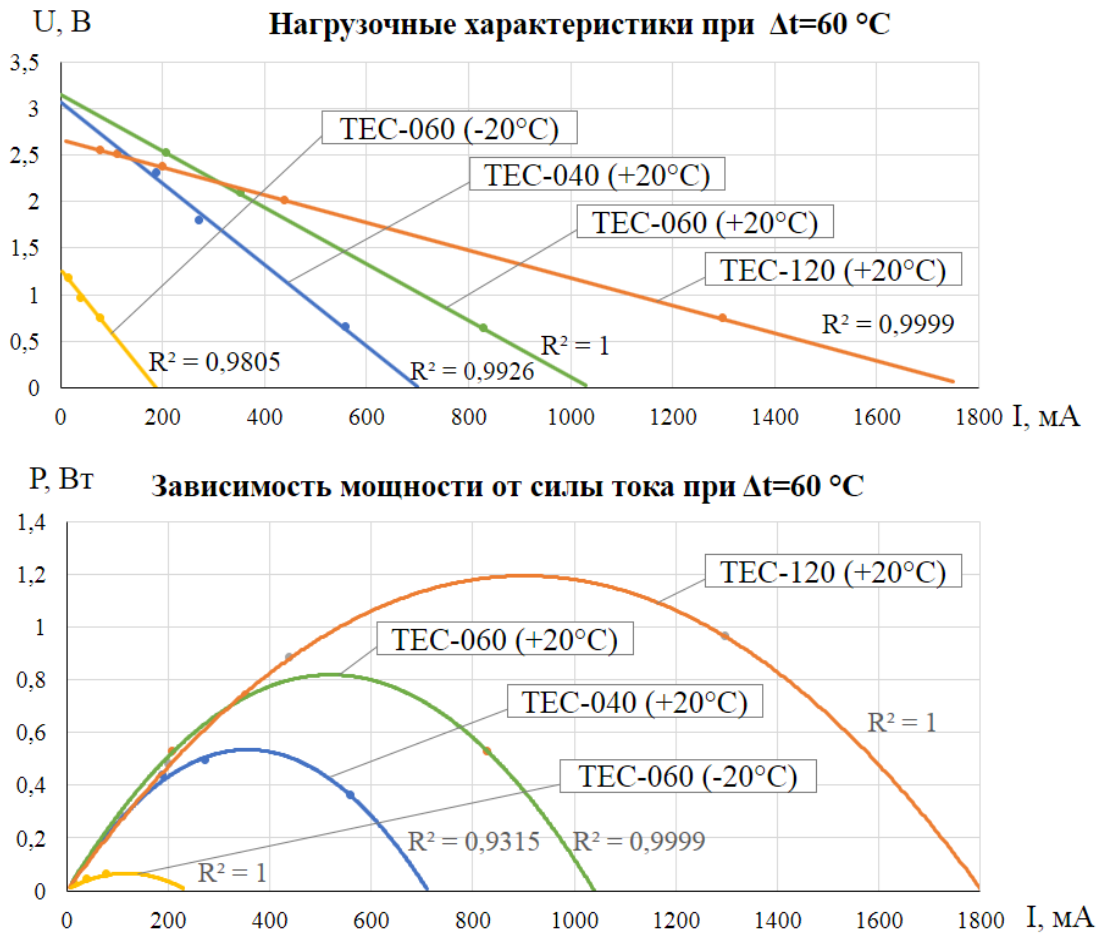

Рис. 4. Нагрузочные характеристики элементов Пельтье

Таблица 3

Расчетные параметры элементов Пельтье

Тип элемента	Ток КЗ, мА	ЭДС ХХ, В	Внутреннее сопротивление, Ом	Максимальная мощность, Вт (о.е.)
ТЕС-040 (+20)	700	3,1	4,4	0,55 (0,0138)
ТЕС-060 (+20)	1020	3,2	3,1	0,82 (0,0137)
ТЕС-060 (-20)	190	1,25	6,6	0,05 (0,00083)
ТЕС-120 (+20)	1800	2,7	1,5	1,2 (0,01)

Анализ данных показывает, что в режимах генерации электрической энергии вырабатываемая мощность по отношению к заявленной производителем выходной тепловой в обратном режиме не превышает 1–1,5 %.

Эффективность выработки электроэнергии определяется температурой «горячей» стороны, например, при снижении этой температуры в 2 раза на элементе ТЕС-60 и одинаковом перепаде температур выходная максимальная мощность снизилась в 16 раз, ЭДС холостого хода – в 2,5 раза, а внутреннее сопротивление элемента увеличилось в 2 раза.

Полученные результаты позволили разработать макет зарядного устройства (рис. 5).

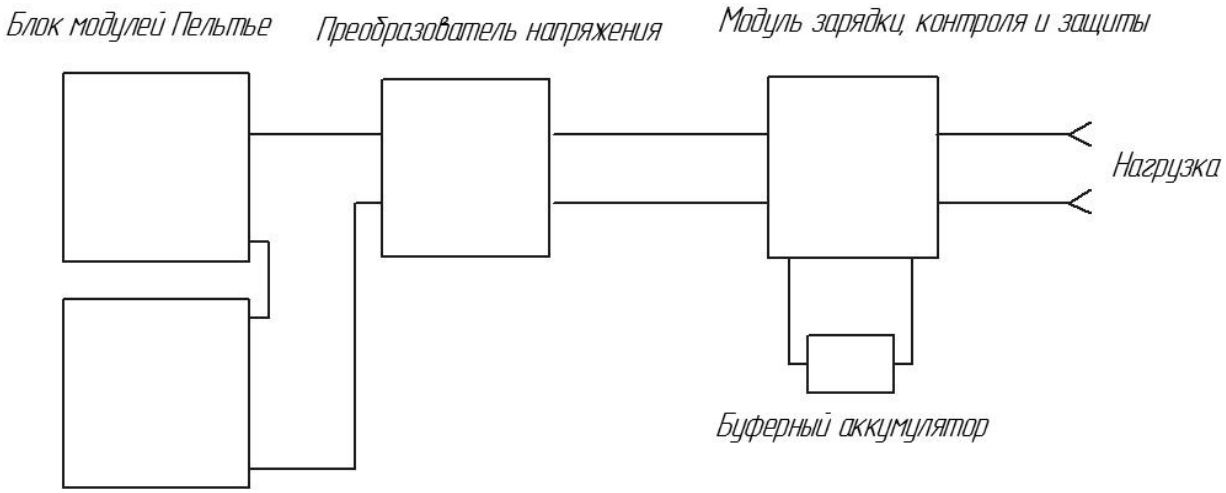

Рис. 5. Схема структурная автономного зарядного устройства

Зарядное устройство структурно состоит из двух основных модулей: модуля генерации на базе нескольких соединенных последовательно и параллельно генераторных элементов Пельтье и модуля управления в составе преобразователя напряжения, модуля зарядки, контроля и защиты, а также буферного аккумулятора.

Проведенные эксперименты показали, что добиться устойчивой разности температур можно только при эффективном жидкостном водяном ох-

лаждении и нагреве контактных площадок элементов Пельтье. Связано это с тем, что удельная теплоемкость воды (4200 Дж/(кг*°С)) выше удельной теплоемкости элементов Пельтье, а именно основного элемента теплопередачи – керамического покрытия (~1000 Дж/(кг*°С)) [1].

Заключение

1. Эффективность работы элементов Пельтье в режиме генератора электрической энергии зависит не только от разности температур, но и от температуры горячей стороны, наиболее эффективна работа элемента при нагреве одной стороны до максимально допустимой температуры (80 °С).

2. Конструкция зарядного устройства должна предусматривать систему с жидкостными теплоносителями нагрева-охлаждения поверхностей.

3. Стоимость зарядного устройства соизмерима с аналогами, работающими на других принципах.

4. За счет непрерывного цикла работы устройство может обеспечить суточную зарядку аккумулятора емкостью 10 Ампер-часов, что достаточно для питания средств телерадиокоммуникаций.

Библиографический список

1. Бабичев, А.П. Физические величины. Справочник / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.

2. Долбинов, В.М. Элементы Пельтье или бесплатное электричество от костра / В.М. Долбинов // рмнт.ру. – URL: http://www.rmnt.ru/story/electrical/684696.htm.

3. Жуйков, А.О. Термоэлектрический модуль Пельтье и его применение / А.О Жуйков, И.Л. Лушников // Современные проблемы телекоммуникаций: сборник науч. тр. – Новосибирск: Изд-во СибГУТИ, 2016. – С. 578–582.

К содержанию