

В качестве системы молниезащиты БМЗ следует использовать молнеприемную сетку, которую устанавливают на кровле. Сетка должна быть выполнена из стальной проволоки диаметром 8 мм<sup>2</sup>, с шагом не более 10 м. Монтаж – только на месте установки БМЗ.

Скорость возведения зданий, которая не зависит от климатических условий и времени года, – главное достоинство системы БМЗ. С появлением новых систем возрастают требования к качеству и техническому состоянию каждого здания. Соблюдение всех требований возможно только с применением современных технических средств, контрольно-измерительной аппаратуры и программно-измерительных систем. Новые системы сооружения зданий по модульной технологии постепенно вытесняют устаревшие способы капитального строительства. Возможно, альтернативный вид сооружения зданий – такой, как БМЗ, полностью заменит традиционные методы строительства.

Таким образом, рассмотренные современные технологии повышения электробезопасности при эксплуатации быстровозводимых мобильных зданий вполне оправдывают себя. Однако рекомендации по заземлению, занулению и молниезащите быстровозводимых мобильных зданий имеют немаловажное значение.

---

1. Качалов, А.Г. Основы электробезопасности. Методические материалы для работников охраны труда и ответственных за электрохозяйство / А.Г. Качалов, В.В. Наумов – Изд. 2-е, перераб и доп. – СПб.: Изд-во УПЦ «Талант», 2016. – С. 35.

2. ГОСТ 30339-95. Электроснабжение и электробезопасность мобильных (инвентарных) зданий из металла или с металлическим каркасом для уличной торговли и бытового обслуживания населения. Технические требования (аутентичен ГОСТ Р 50669-94) (с поправкой).

3. Левадный, В.С. Строительство каркасного дома / В.С. Левадный, В.С. Самойлов. – М.: Аделант, 2016. – 352 с.

4. Зимин, С.С. Строительство быстровозводимых зданий и сооружений / С.С. Зимин, А.Н. Мушинский // Строительство уникальных зданий и сооружений. – СПбГУ. – 2015. – № 4.

УДК 62.974

**В.Л. Русинов, В.И. Усенко, Р.А. Валуй**

### **ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ TEC1-12706**

*В статье рассматриваются конструкция и термоэлектрические характеристики модуля на элементах Пельтье – TEC1-12706. Приводятся графические характеристики и пример расчета необходимых тока и напряжения для заданных холодопроизводительности и температуры холодной стороны термоэлектрического модуля.*

*Ключевые слова: элемент Пельтье, термоэлектрический модуль, тепло, холод, температура, металлокерамика, ток, напряжение, холодопроизводительность, полупроводник.*

### **THERMOELECTRIC MODULE TEC1-12706**

*The article deals with the design and thermoelectric characteristics of the module on Peltier – TEC1-12706 elements. The graphic characteristics and an example*

*of calculation of the required current and voltage for the given cooling capacity and temperature of the cold side of the thermoelectric module are given.*

**Key words:** *Peltier element, thermoelectric module, heat, cold, temperature, cermet, current, voltage, efficiency, semiconductor.*

### 1. Принцип действия и конструкция

Термоэлектрические охладители на основе элементов Пельтье представляют собой твердотельные тепловые насосы, которые могут легко достигать отрицательных температур. Эффект Пельтье состоит в выделении или поглощении тепла на стыке двух разных проводников при прохождении по ним электрического тока. Термоэлектрический охладитель (в дальнейшем термоэлектрический модуль – ТЭМ) представляет собой устройство, собранное на элементах Пельтье, заключенных между двумя керамическими пластинами, на поверхности которых создается разность температур.

Элементы в ТЭМ соединены последовательно электрически и параллельно – термически. Когда к модулю приложено постоянное напряжение, одна сторона охлаждается, а противоположная – нагревается. Наибольшее распространение получили ТЭМ следующей конструкции (рис. 1).

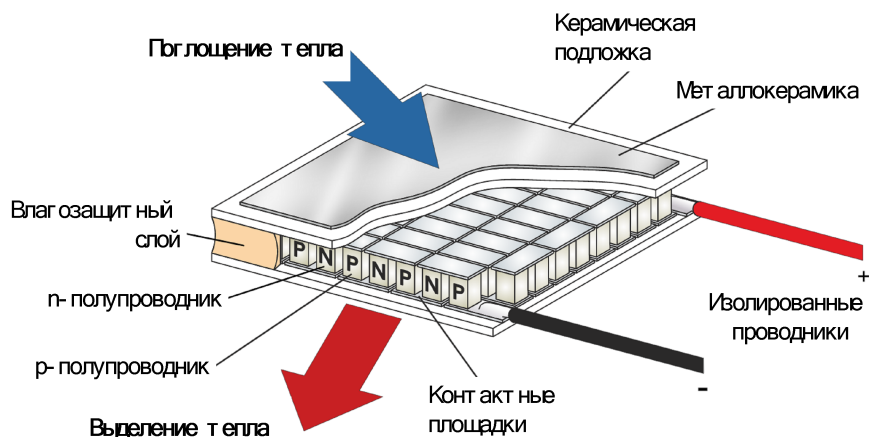


Рис. 1. Устройство типowego термоэлектрического модуля.

Простое изменение полярности постоянного напряжения меняет направление теплового потока. Таким образом, однослойные модули могут быть использованы как для охлаждения, так и для нагревания [1].

### 2. Термоэлектрический модуль TEC1-12706

Описанную выше конструкцию имеют ТЭМ, выпускаемые научно-производственным объединением «Кристалл». К сожалению, российские производители электроники часто «стесняются» в явной форме публиковать стоимость своих изделий и условия поставки. Поэтому далее рассматривается модуль TEC1-12706, который был приобретен у одного из многочисленных китайских производителей.

Данный ТЭМ имеет широкое распространение в радиолюбительской практике (изготовление систем охлаждения процессоров персональных компьютеров и автомобильных холодильников). Основные, заявляемые производителем, технические характеристики следующие [2]:

- наибольшая рабочая температура 138°C;
- максимальная разница температур 66°C;
- максимальная холодопроизводительность 53 Вт;
- рабочий ток (макс.) 6,4 А;
- рабочее напряжение (макс.) 14,4 В;

размеры 40(Д)х40(Ш)х3,8(В).

При проектировании устройств охлаждения на элементах Пельтье необходимо правильно рассчитывать тепловой режим, используя термоэлектрические параметры модулей. Для модулей TEC1-12706 термоэлектрические параметры приводятся в виде зависимостей: 1) разность температур горячей и холодной сторон  $\Delta T$  от тока  $I$  и напряжения  $U$  (рис.2а и 2) холодопроизводительности  $Q_c$  от  $\Delta T$  и тока  $I$  (рис.2б).

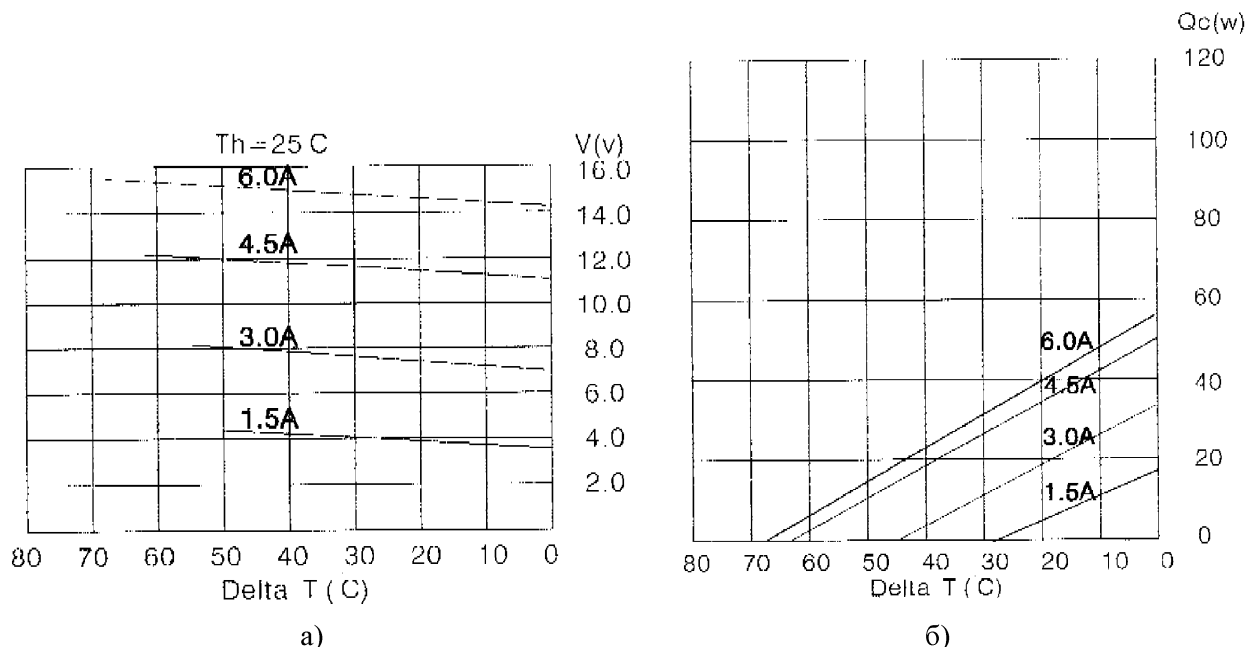


Рис.2. Оригинальные термоэлектрические характеристики TEC1-12706 при температуре горячей стороны  $T_h = 25^\circ\text{C}$ :  $\Delta T$  (°C) – разность температур, °C;  $V$  (V) – напряжение модуля, В;  $Q_c$  (W) – холодопроизводительность, Вт.

Приведенные характеристики позволяют выбирать модули по холодопроизводительности, разности температур или электрической мощности. Например, необходимо обеспечить холодопроизводительность модуля  $Q_c = 18$  Вт при температуре на холодной стороне  $T_c = -10^\circ\text{C}$ .

1. Рассчитываем разность температур:  $\Delta T = T_h - T_c = 25 - (-10) = 35^\circ\text{C}$

2. Определяем необходимый ток модуля. Для этого на пересечении перпендикуляров, проведенных из значений  $\Delta T = 35^\circ\text{C}$  и  $Q_c = 18$  Вт, отметим точку, определяющую значение искомого тока, которое рассчитаем пропорциональным пересчетом по данным ближайших линий тока (рис. 3):

$$I = 3 + \frac{4,5 - 3}{10} \cdot 7 = 4,05 \text{ A.}$$

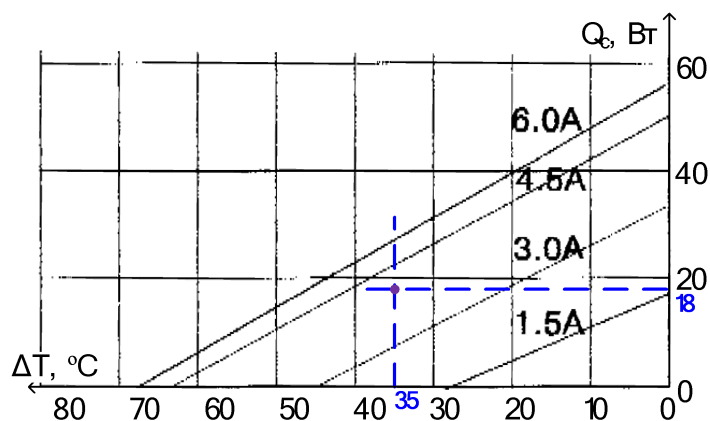


Рис.3. Определение необходимого тока ТЭМ.

3. Находим напряжение питания термоэлектрического модуля, используя зависимость разницы температур горячей и холодной сторон от тока  $I$  и напряжения  $U$  (рис. 4).

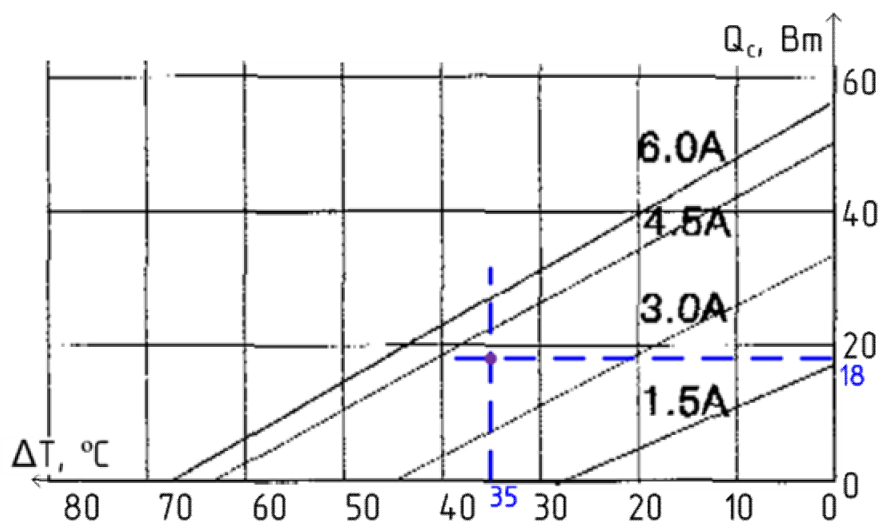


Рис. 4. Определение напряжения питания ТЭМ.

Искомое напряжение определяется на пересечении перпендикуляра, проведенного из значения  $\Delta T = 35^\circ\text{C}$  до пересечения с линией тока  $I = 4,05$  А. Из точки пересечения проводим перпендикуляр к оси напряжения и определяем напряжение питания модуля Пельтье:  $U = 10,5$  В.

В результате определены необходимые ток  $I = 4,05$  А и напряжение  $U = 10,5$  В, при которых термоэлектрический модуль разовьет холодопроизводительность  $Q_c = 18$  Вт, с температурой на холодной стороне  $T_c = -10^\circ\text{C}$ .

Таким образом, в современных ТЭМ число одиночных элементов Пельтье может варьировать от нескольких пар до нескольких сотен, обеспечивая легкую масштабируемость соответственно от нескольких ватт до нескольких сотен ватт. Каскадируя несколько модулей, можно достигнуть разности температур более  $100^\circ\text{C}$ . Термоэлектрические модули Пельтье имеют преимущества, которые делают их единственным эффективным решением для многих практических приложений.

1. Crystal\_catalogue ТЕМ. – М.: Научно-производственное объединение «Кристалл», 2018. – 16 с.
2. Инструкция по эксплуатации Thermoelectric Cooler TEC1-12706. HV Corporation, 2018. – 3 с.
3. Портал-Syl. – Режим доступа: [https://www.syl.ru/article/286139/new\\_dlya-chego-nujnyi-elementyi-pelte-elementyi-pelte-printsip-raboty-harakteristiki-primenenie](https://www.syl.ru/article/286139/new_dlya-chego-nujnyi-elementyi-pelte-elementyi-pelte-printsip-raboty-harakteristiki-primenenie). – 14.03.2019.