

СТАБИЛИЗАТОРЫ ТЕМПЕРАТУРЫ В БЫТОВЫХ УСТРОЙСТВАХ

Ю. АНДРЕЕВ, г. Санкт-Петербург

Публикуемая статья посвящена выбору и практике реализации электронных автоматов, предназначенных для поддержания необходимой температуры в различных бытовых устройствах. Рекомендации автора могут быть полезны многим радиолюбителям-конструкторам.

Область применения стабилизаторов температуры в устройствах, используемых в домашнем хозяйстве, довольно широка. Это, например, хранилища овощей, аквариумы, малогабаритные инкубаторы, камеры тепловой обработки пчел, теплицы и многое другое. Конструированию термостабилизаторов различного назначения, описанию их работы посвящена обширная литература. И тем не менее эта тема, на мой взгляд, остается актуальной, особенно для тех, кто решил самостоятельно построить такие устройства. Учитывая определенные трудности, связанные с приобретением ряда деталей, и различные условия эксплуатации стабилизаторов, хотелось бы перед описанием конкретных конструкций остановиться на некоторых общих вопросах.

Прежде всего, приступая к конструированию термостабилизатора, необходимо определить мощность нагревателя, обеспечивающего требуемую температуру в заданном объеме. Это — отдельная, подчас сложная задача, требующая теплотехнических расчетов. Для ориентировочных же расчетов можно воспользоваться простыми формулами. Так, например, для защиты от замерзания продуктов в вашем овощехранилище при температуре наружного воздуха до -30°C в ящике, выполненном из досок или ДСП толщиной 20 мм, со слоем пенопласта толщиной 25...30 мм, требуемая мощность нагревателя должна быть такой, как указано в [1]: $P = V^{2/3}$, где P — мощность нагревателя, выраженная в ваттах; V — внутренний объем ящика в литрах.

Для лоджи, каркасной теплицы с покрытием из стекла или полиэтилена требуемую суммарную мощность нагревателя определяют по следующей формуле [2]:

$$P = 1,23 \cdot S_n \cdot K_T \cdot (t_{вн} - t_{нар}),$$

где P — мощность нагревателя в ваттах; S_n — суммарная площадь поверхности охлаждения (стены, пол, потолок) в м^2 ; K_T — коэффициент теплопередачи в $\text{Вт}/\text{м}^2\text{C}$; $t_{вн}$ и $t_{нар}$ — соответственно внутренняя и наружная температура в градусах. Значение коэффициента K_T может быть от $K_T = 3,3$ (для двойного остекления) до $K_T = 7,5$ (для однослойной полиэтиленовой пленки).

Любой стабилизатор температуры включает в себя чувствительный элемент — датчик температуры и усилитель сигнала датчика; устройство сравнения сигналов или компаратор; электронный ключ, выполняющий функции исполнительного устройства; блок питания и нагревательный элемент.

В качестве датчика температуры обычно используют терморезисторы серий КМТ, ММТ, СТ, температурный коэффициент сопротивления (ТКС) которых отрицательный — $2...7\% / \text{град}$. — и изменяется в зависимости от температуры, а допуск на значение сопротивления терморезистора

составляет 10...30%. В любительских термостабилизаторах терморезисторы заменяют наиболее часто из-за большого ТКС. Однако их существенная нелинейность и большие допуски требуют индивидуальной регулировки конструируемых термостабилизаторов, градуировки шкал, затрудняет замену в случае ремонта.

Расчет параметров моста с полупроводниковым терморезистором, при повышенных требованиях к точности, изложен, например, в [3, 4].

Наилучшими метрологическими характеристиками обладают термодатчики серии ТСМ — медные. Их ТКС — положительный, но составляет всего $0,3\% / \text{град}$. $= 1/293^{\circ}$, причем линейность характеристики обеспечивается в широком диапазоне температур. Они относятся к приборам высокого класса точности ($0,1...0,5\%$) и могут работать даже в агрессивных средах. Недостаток ТСМ — относительно большая длина (около 300 мм) и высокая стоимость.

Стандартный терморезистор серии ТСМ можно заменить отрезком медного провода ПЭТВ диаметром 0,05 мм и длиной около 6 м, намотанного бифилярно на изоляционную оправку и защищенном соответствующим корпусом. Сопротивление датчика при температуре 20°C — 57,5 Ом.

Менее известен как термодатчик кремниевый диод, отрицательный коэффициент преобразования которого равен $2 \text{ мВ}/\text{град}$. [5, 6]. Практически любой маломощный кремниевый диод обеспечит линейное преобразование температуры в напряжение.

Любой из перечисленных здесь термопреобразователей обычно включают в одно из плеч резистивного моста, источник питания которого стабилизирован. Выходной сигнал моста подают на вход устройства сравнения или, если это необходимо, предварительно усиливают. Для сравнения сигналов удобнее всего использовать компаратор, представляющий собой операционный усилитель (ОУ) с положительной обратной связью. Функцию сравнения могут выполнять любые ОУ серий К140, К553 или специально разрабо-

танные компараторы серии К554. Наиболее предпочтителен компаратор К554СА3, обеспечивающий выходной ток до 50 мА, что позволяет без дополнительного усилителя непосредственно включать электромагнитное реле исполнительного механизма.

Выбор того или иного типа реле определяется двумя факторами — значением тока срабатывания и допустимыми напряжением и током его коммутирующих контактов. При напряжении сети 220 В контакты реле должны надежно коммутировать ток нагревателя. Наиболее распространены маломощные реле — РЭС8, РЭН18 [7]. Обмотки реле РЭН20 и МКУ-48 (паспорт 4.509.146) рассчитаны на работу непосредственно от сети переменного напряжения 220 В при допустимом токе контактов 5 А, что на практике позволяет использовать их в большинстве случаев. При параллельном соединении двух групп контактов эти реле обеспечивают включение нагревателей общей мощностью до 2,2 кВт. Кроме электромагнитного реле, элементом исполнительного устройства, включающего нагреватель, может быть тринистор или симистор.

Эти приборы позволяют коммутировать ток нагревателей до 80 А. Отсутствие контактов делает их применение предпочтительным. Правда, сама конструкция термостабилизатора становится более сложной, чем с электромагнитным реле в исполнительном звене.

Блок питания термостабилизатора — это, как правило, трансформатор, понижающий напряжение сети до 13...16 В, с одним — двумя выпрямителями и простейшими стабилизаторами выпрямленного напряжения. Мощность сетевого трансформатора обычно не превышает 10...15 Вт. Можно использовать унифицированные трансформаторы серии ТПП, имеющие нужный набор вторичных обмоток [8].

В качестве источника тепла, особенно с точки зрения электробезопасности, лучше всего использовать трубчатые электронагреватели — ТЭН; пригодны, конечно, и обычные лампы накаливания, рассчитанные на напряжение сети.

Сегодня существует немало схемотехнических решений построения термостабилизаторов, в которых перечисленные элементы сочетаются в различных комбинациях. Для ориентировки в выборе конструируемого стабилизатора температуры можно воспользоваться предлагаемой здесь таблицей, в которой приведены основные технические данные некоторых термостабилизаторов, опубликованных ранее в "Радио".

Одновременно предлагаю для повторения термостабилизатор широкого применения (рис. 1), в котором датчиком температуры служит кремниевый

№	Диапазон установки температуры, $^{\circ}\text{C}$	Точность поддерж. температуры, $^{\circ}\text{C}$	Мощность нагревателя, кВт	Датчик температуры	Тип ключа	Публикация
1*	± 4	± 1	0,2	КМТ-4 15 к	КУ201Л	Радио 1988, № 8
2	30...100	$\pm 0,1$	12	КМТ-422 к	ТД-320 (6 шт.)	Радио, 1988, № 2
3	10...50	$\pm 0,5$	2	КМТ-41 к	КУ202Н (2 шт.)	Радио, 1991, № 7
4	25...45	$\pm 0,1$	1	КМТ 47 к	КУ202Н (2 шт.)	Радио, 1993, № 4
5	16...30	$\pm 0,5$	0,2	КМТ 10к	Реле РЭС-9	ВРЛ, вып. № 105
6*	2...4	—	0,1	ММТ-1 30 к	КУ208Г	Радио, 1993, № 9
7*	15...20	$\pm 0,1$	1	ММТ-4 15 к	КУ208Г	Радио, 1998, № 4
8	0...20 20...45	$\pm 0,5$	1 (2)	Диод Д 207	Реле РЭН18	Схема в статье

* Гальваническая связь с сетью ~220 В.