

УДК 621.317.75: 004.856

Л.И. Сучкова, Х.М. Хуссейн, М.А. Якунин, А.Г. Якунин

Исследование долговременной стабильности параметров термодатчиков DS18B20

По данным более чем двухлетних результатов мониторинга температуры с двух расположенных в непосредственной близости друг от друга температурных датчиков DS18B20 установлено, что разброс их показаний за все время испытаний не превысил трех младших значащих разрядов. При этом систематическая погрешность за этот период не претерпела никаких изменений. Это делает возможным применение данных датчиков в качестве прецизионного инструмента для выявления долговременных флуктуаций температуры объекта контроля с интервалом выборки менее 30 с и абсолютной погрешностью, не превышающей 0,1 °С вместо заявленных производителем 0,5 °С.

Ключевые слова: долговременная стабильность, температурный мониторинг, термодатчик DS18B20.

При проектировании систем долговременного температурного мониторинга большое значение имеет стабильность показаний используемых для этих целей температурных датчиков. Высокая стабильность показаний позволяет повысить межповерочный интервал, повысить надежность измерений и сократить эксплуатационные расходы. Если требуемая точность контроля температуры невысока, эти требования легко выполняются для большинства современных сенсоров. Однако когда речь заходит о необходимости контролировать температуру с абсолютной погрешностью менее 0,5 °С на протяжении нескольких лет, выбор датчика для таких применений сталкивается с большими проблемами [1, 2].

Если не брать во внимание сложных и весьма дорогостоящих тепловизионных систем, способных на расстоянии улавливать перепады температуры объектов контроля менее чем 0,1 °С, но, тем не менее, имеющих при этом абсолютную погрешность измерения 1 °С и более и не пригодных для измерения температуры газообразных сред, современная компонентная база электроники предлагает для широкого применения следующие типы температурных датчиков: термопреобразователи на основе полупроводников (терморезисторы, термосопротивления, термисторы), металлические термометры сопротивления (или термосопротивления, чаще всего платиновые), термоэлектрические преобразователи на основе эффекта Зеемана (термопары) и термоэлектрические преобразователи в интегральном исполнении. В последних для измерения температуры наряду с перечисленными выше термопреобразователями могут использоваться и другие физические явления, проявляющиеся, например, в зависимости емкости конденсатора от температуры [1]. Кроме того, датчики в интегральном исполнении могут иметь как аналоговый, так и цифровой выход. Наилучшие значения показателей для каждого из перечисленных типов датчиков приведены в таблице. В этой таблице и далее по тексту цены актуальны на первый квартал 2015 г. Как видно из этой таблицы, наилучшие метрологические характеристики обеспечивают термопары и термометры сопротивления.

В то же время из всех рассмотренных групп приборов это и наиболее дорогостоящая группа. Так, на российском рынке типичный представитель первой группы – выпускаемая фирмой Актаком термопара К-типа АТА-2008 [3], предназначенная для работы в диапазоне –5...+400 °С, имеет массу 10 г при диаметре 1,75 мм, длину соединительного провода 0,98 м, постоянную времени порядка 20 с (точные данные отсутствуют) и стоит 738 руб. А температурный зонд АТА-2210 этой же фирмы на основе платинового сопротивления [4] имеет диаметр 3,2 мм при длине 152 мм (с ручкой – 245 мм), постоянную времени порядка 60 с и погрешность измерения в диапазоне –50...+400 °С ± (0,1%±0,3 °С). При этом цена такого зонда составляет у производителя 6785 руб. При этом собственно измеритель температуры АТТ-2002, к которому подключаются данные датчики [5], стоит порядка 12036 руб. Отчасти такая стоимость прибора объясняется необходимостью линеаризации градуировочной характеристики первичных измерительных преобразователей полиномами высоких степеней, что усложняет программное обеспечение и требует применения более мощного контроллера, встраиваемого в прибор.

Таблица 1

Сравнительная характеристика различных типов термопреобразователей

Показатель	Тип датчика			
	Термопара	Термометр сопротивления	Термистор	Интегральный аналоговый/цифровой датчик
Диапазон температур, °С	-270...1800	-250...900	-100...450	-55...150
Абсолютная погрешность измерения, °С	±0,5	±0,01	±0,1	±0,5
Порог чувствительности, °С	0,01	0,02	0,05...0,1	0,05...0,2
Чувствительность	10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	0,00385 $\%/^\circ\text{C}$	1...10 $\%/^\circ\text{C}$	2 мВ/°С, или 50 м.з.р./°С,
Степень полинома для описания градуировочной кривой	4	2	3	1
Вес, г	2...10	10...100	3...10	3...10
Эксплуатационные свойства	Критичны к качеству и длине соединительных проводов, требуют дополнительной защиты от среды	Низкая надежность при наличии вибраций	Герметичны, устойчивы к вибрациям	Герметичны, влагостойки, устойчивы к вибрациям
Постоянная времени, с	Менее 1	1...10	1...5	4...60
Выходной сигнал	Напряжение	Сопротивление	Сопротивление	Цифровой код, ток или напряжение
Цена, \$	1...50	25...1000	2...10	1...10

Примечание. м.з.р. – младший значащий разряд оцифрованного значения температуры.

Поэтому в тех случаях, когда в системе предполагается вести многоточечный одновременный контроль температуры одного или нескольких объектов, применение в качестве датчиков термопар или термометров сопротивления может оказаться слишком дорогим решением. В частности, к таким системам можно отнести системы экологического мониторинга, климатического контроля, системы температурного мониторинга помещений офисных и жилых зданий [3–6]. В частности, при решении таких задач, как исследование атмосферных турбулентностей и выявление нештатных ситуаций в системах температурного контроля техногенных объектов, требуется знание не столько точного абсолютного значения температуры объекта, сколько разности температур между конечным числом размещенных на объекте контрольных датчиков [7–10]. При этом разность температур должна оцениваться с высокой степенью точности, неизменной за все время эксплуатации системы, и составлять величину порядка 0,01...0,1 °С, тогда как к температурному диапазону не предъявляется сколь угодно высоких требований.

Поэтому для решения подобных задач было признано целесообразным отказаться от использования дорогостоящего оборудования и в качестве температурных датчиков применить бюджетные датчики таких известных на мировом рынке фирм, как MicroChip [11] или Dallas semiconductor [12–14]. После сопоставительного анализа выбор был сделан в пользу датчиков серии DS1820 фирмы Dallas semiconductor, а именно датчиков DS18S20 [15] и DS18B20 [16]. При этом использование последних оказалось предпочтительнее как по соображениям их стоимости (у производителя – \$1,85 вместо \$2,16), так и по значению порога температурной чувствительности, достигающей величины 0,0625 °С в диапазоне -55...+125 °С. При этом в силу малых размеров их постоянная времени не превышает 10...30 с, что весьма важно при решении задачи выявления нештатных ситуаций. К тому же, как это следует из [17], значение постоянной времени можно достаточно просто алгоритмически уменьшить как минимум в 4 раза. Абсолютная погрешность измерения, составляющая у данных датчиков ±0,5 °С во всем диапазоне измерений, также оказалась вполне достаточной для решения поставленных задач.

Однако в имеющейся технической документации на интегральные термопреобразователи работчики не указали даже такого важного параметра, как постоянная времени, не говоря уже о том, чтобы привести информацию о долговременной стабильности показаний прибора. Ведь низкое значение порога температурной чувствительности само по себе еще не означает, что с течением времени величина систематической погрешности во всем диапазоне измерений будет сохранять свое значение, а если и будет меняться, то по одинаковой для всех приборов зависимости. И если с течением времени возможен значительный дрейф систематической погрешности, то такие приборы нельзя применять в дифференциальных схемах измерения.

В этой связи было принято решение провести дополнительное исследование, направленное на оценку величины такого дрейфа. Суть проведенного эксперимента заключалась в том, что на протяжении нескольких лет осуществлялся непрерывный температурный мониторинг с двух рядом расположенных температурных датчиков DS1820, взятых из разных партий. Для сравнения воспроизводимости результатов эксперимента изначально снимались данные с нескольких пар датчиков, однако в связи с тем, что для каждой пары результаты оказались примерно одинаковы, в дальнейшем в опыте была оставлена одна пара. При этом периодически, примерно раз в 10–30 дней делалась оценка статистических свойств разности показаний между датчиками пары путем обработки выборки из 5000 наблюдений (при интервале между отсчетами 30 с продолжительность выборки составляла чуть менее двух суток). Данный эксперимент повторялся при перемещении датчиков в разные места как внутри помещения, так и вне его для того, чтобы оценить влияние температуры на статистические свойства наблюдаемых выборок.

В результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы.

1. Между любыми парами датчиков, помещенными в одинаковые условия, разность их показаний остается неизменной на протяжении продолжительного, измеряемого годами времени, и эта разность не превышает трех младших значащих разрядов (м.з.р.), т.е. $0,18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Коэффициент корреляции между показаниями в паре составляет $0,998$, а величина среднеквадратического отклонения разности показаний (СКО) не превышает $0,2$ м.з.р. как на коротких, так и на длительных интервалах времени, поэтому данную разность можно считать стационарным эргодическим процессом. Это позволяет произвести компенсацию имеющейся температурной разности и впоследствии осуществлять ее измерение с абсолютной погрешностью, сопоставимой с СКО.

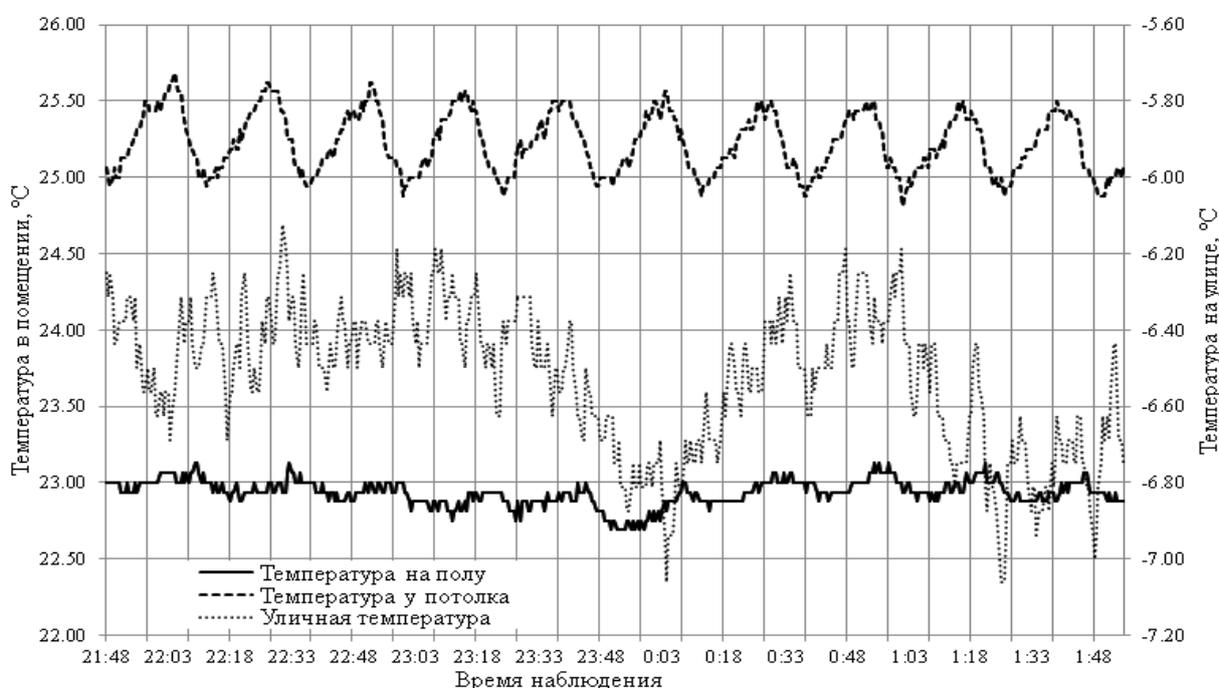


Рис. 1. Колебания уличной температуры, на полу и у потолка помещения

2. Высокая температурная чувствительность в сочетании с малой инерционностью и низкой стоимостью делают датчики DS18B20 весьма перспективными для применения в системах температурного мониторинга, ориентированных на решение задач, связанных с регистрацией малых темпе-

ратурных колебаний, в алгоритмах которых требуется использовать как величину этих колебаний, так и разность показаний с датчиков, установленных в различных местах контролируемого объекта. В качестве примера на рис. 1 проиллюстрирована возможность выявления с помощью системы термомониторинга включения электрообогревателя. На нем изображены суточные колебания уличной температуры, температуры на полу и у потолка помещения. На потолке графика четко просматриваются осцилляции температуры размахом 0,5–0,7 °С из-за стоящего на полу включенного масляного электрообогревателя с автоматическим регулятором релейного типа. Как видно из рисунка, высокое температурное разрешение рассмотренных датчиков позволяет по данным мониторинга однозначно идентифицировать факт использования в помещении электрообогрева. Проведенные исследования показали, что данная система позволяет идентифицировать и другие происходящие в контролируемом помещении события, например такие, как проветривание, появление людей, освещение солнцем через оконные проемы. А по данным, установленным на открытых пространствах, при использовании соответствующих конструктивных решений можно отслеживать такие процессы, как, например, изменение состояния облачного покрова и вызванные перемещением облаков и перемещением воздушных масс температурные флуктуации.

Литература

1. Линевер Ф. Измерение температур в технике: справочник / под ред. Л.А. Чарихова. – М.: Металлургия, 1980. – 543 с.
2. Al-Hawari T. Selection of Temperature Measuring Sensors Using the Analytic Hierarchy Process / T. Al-Hawari, S. Al-Bo'ol, and A. Momani // Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering. – Oct. 2011. – Vol. 5, № 5. – P. 451–459.
3. Сучкова Л.И. Особенности аппаратной реализации систем оперативного контроля энергоресурсов / Л.И. Сучкова, А.В. Юрченко // Контроль, диагностика. – 2012. – № 13. – С. 153–157.
4. Абрамова, Е.В. Оптимизация диагностических систем теплового контроля // Дисс. ... к.т.н. по специальности 05.11.13 // Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий / Науч.-исслед. ин-т интроскопии Моск. науч.-производ. объединения «Спектр». – М., 2011. – 220 с.
5. Тепловой неразрушающий контроль зданий и строительных сооружений / О.Н. Будадин, Е.В. Абрамова, М.А. Родин, О.В. Лебедев // Дефектоскопия. – 2003. – № 5. – С. 77–94.
6. Кунц Р.В. Разработка кроссплатформенного программного обеспечения для системы оперативного контроля жизнеобеспечения университетского кампуса / Р.В. Кунц, Л.И. Сучкова, А.Г. Якунин // Измерение, контроль, информатизация: матер. 13-й междунар. науч.-техн. конф. – Т. 2 / под ред. Л.И. Сучковой. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2012. – С. 186–188.
7. Сучкова Л.И. Интервальный метод идентификации нештатных ситуаций в системах оперативного контроля / Л.И. Сучкова, А.Г. Якунин // Глобальный научный потенциал. – 2012. – № 2(11). – С. 72–74.
8. Сучкова Л.И. Прогнозирование контролируемых параметров в системах жизнеобеспечения техногенных объектов с применением паттернов поведения // Materiały VIII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Aktualne problemy nowoczesnych nauk». – 2012. – Vol. 43. Nowoczesne informacyjne technologie. – Przemysł: Nauka i studia, 2012. – P. 32–34.
9. Сучкова Л.И. Применение систем температурного мониторинга для выявления нештатных ситуаций, связанных с потреблением энергоресурсов / Л.И. Сучкова, А.Г. Якунин // Сб. науч. трудов 2-й Всерос. науч.-практ. конф. «Научные и технические средства обеспечения энергосбережения и энергоэффективности в экономике РФ». – СПб.: Изд-во политехн. ин-та, 2012. – С. 41–45.
10. Якунин А.Г. Об идентификации состояния объекта по данным термомониторинга // Измерение, контроль, информатизация: матер. 14-й междунар. науч.-техн. конф. / под ред. Л.И. Сучковой. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2013. – Т. 1. – С. 9–11.
11. Microchip. Temperature Sensor Design Guide [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21895d.pdf>, свободный (дата обращения: 17.03.2015).
12. Шитиков А. Цифровые датчики температуры от Dallas Semiconductor // Компоненты и технологии. – 2001. – №2 [Электронный ресурс]. http://kit-e.ru/assets/files/pdf/2001_02_48.pdf, свободный (дата обращения: 17.03.2015).

13. Шитиков А. Цифровые датчики температуры от Dallas Semiconductor // Компоненты и технологии. – 2001. – №3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kit-e.ru/assets/files/pdf/2001_03_116.pdf, свободный (дата обращения: 17.03.2015).

14. Temperature Sensors. Parametric Search [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://para.maximintegrated.com/en/results.mvp?fam=temp_sens/, свободный (дата обращения: 14.08.2014).

15. DS18S20. 1-Wire Parasite-Power Digital Thermometer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.maximintegrated.com/datasheet/index.mvp/id/2815/>, свободный (дата обращения: 17.08.2014).

16. DS18B20. 1-Wire Parasite-Power Digital Thermometer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.maximintegrated.com/datasheet/index.mvp/id/2812/>, свободный (дата обращения: 17.08.2014).

17. Гайский П.В. Метод уменьшения инерционности измерителя температуры // Системы контроля окружающей среды: сб. науч. трудов. – 2012. – № 17 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://archive.nbu.gov.ua/portal/natural/skns/2012_17/articles/12gpviit.htm (дата обращения: 17.08.2012).

Сучкова Лариса Иннокентьевна

Д-р техн. наук, профессор каф. вычислительных систем и информационной безопасности (ИВТ и ИБ) Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова (АлтГТУ)
Тел.: +7 (385-2) 29-07-86
Эл. почта: lis@agtu.secna.ru

Хуссейн Хуссейн Шнабат Аль хамд Могахед

Аспирант каф. ИВТ и ИБ АлтГТУ
Тел.: +7 (385-2) 29-07-86
Эл. почта: helphs@yahoo.com

Якунин Максим Алексеевич

Аспирант кафедры радиофизики и теоретической физики Алтайского государственного университета
Тел.: +7 (385-2) 36-70-75
Эл. почта: yakunin_m@alt.ru

Якунин Алексей Григорьевич

Д-р техн. наук, зав. каф. ИВТ и ИБ АлтГТУ
Тел.: +7 (385-2) 29-07-86
Эл. почта: yakunin@agtu.secna.ru

Suchova L.I., Hussein H.M., Yakunin M.A., Yakunin A.G.

Study of long-term stability parameters of thermal sensors DS18B20

According to the more than two years of monitoring the temperature with two located in close proximity to each other temperature sensors it was found that the spread of their testimony for all the tests did not exceed the three least significant digits. In this case, the systematic error in this period did not change. This makes it possible to use the sensor as a precision tool to identify long-term fluctuations of temperature of a control object with sampling intervals less than 30 s and the absolute error not exceeding 0.1 °C instead of 0.5 °C, given the manufacturer in datasheet.

Keywords: long-term stability, temperature monitoring, temperature sensor DS1820.