

УДК 681.586.6

Шаманов Роман Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Россия, Пенза¹
Старший преподаватель
Кандидат технических наук
E-Mail: shambox@list.ru

Перекусихина Ирина Александровна

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Россия, Пенза
Студентка 4 курса специальности «Организация и безопасность движения»
E-Mail: obd@pguas.ru

Индуктивный первичный измерительный преобразователь заданного значения температуры

Аннотация. В современных системах автоматики, в частности дорожной и автомобильной часто возникает задача контроля температуры в заданных пределах.

В настоящее время в качестве датчиков контроля температуры широко используются полупроводниковые терморезисторы, в системах управления находят применение интегральные датчики температуры, представляющие собой однокристалльные термочувствительные полупроводниковые элементы с периферийными схемами. Контроль температуры осуществляется следующим образом, сначала измеряется значение температуры, осуществляется его оцифровка, а за тем производится сравнение полученного значения с заданным. Такой подход приводит к усложнению средств контроля температуры и, как следствие, к росту их стоимости и снижению точности измерения в процессе эксплуатации.

Однако в некоторых случаях требуется не измерять температуру, а только контролировать ее нахождение в заданных пределах. Известные датчики контроля температуры имеют первичные измерительные преобразователи, содержащие механически подвижные элементы, что снижает их ресурс и надежность, и не позволяет применять их в условиях повышенной вибрации.

На основе анализа патентной литературы синтезирован первичный измерительный преобразователь температуры, с помощью которого удастся достигнуть следующие технические результаты: не требуется преобразовывать аналоговый сигнал в цифровой код, что позволяет изготавливать более простые, дешевые и надежные датчики контроля температуры; физические эффекты, заложенные в датчик, позволяют применять материалы с достаточно стабильными термомагнитными свойствами, что значительно увеличивает ресурс датчика; отсутствуют подвижные элементы, что позволяет использовать его в условиях повышенных вибраций, в частности в системах дорожной и автомобильной автоматики.

Ключевые слова: температура; контроль; датчик, первичный измерительный преобразователь, система автоматики, температура Кюри, индуктивность, термомагнитный сплав.

Идентификационный номер статьи в журнале 15TVN314

¹ 440028, ул. Беяева, 16, ауд. 5206

При проектировании микропроцессорных систем дорожной и автомобильной автоматики часто возникает задача контроля температуры, например, температурный нагрев бензина, масел и таких технических жидкостей, как охлаждающая и тормозная, хладоагент в кондиционере, а также контролируется температура воздушных и газовых потоков. В некоторых случаях применяется измерение температуры на поверхности металлических деталей.

В автомобильных системах контроля в качестве датчиков температуры широко используются полупроводниковые терморезисторы, в системах управления находят применение интегральные датчики температуры, представляющие собой однокристалльные термочувствительные полупроводниковые элементы с периферийными схемами. Выходным сигналом датчика является напряжение. К таким датчикам относятся датчики на основе термочувствительных ферритов и конденсаторов, в которых используются эффект влияния температуры на магнитную и диэлектрическую проницаемость [1, 2].

Однако в некоторых случаях требуется не измерять температуру, а только контролировать ее нахождение в заданных пределах. Традиционно это достигается следующим образом, сначала измеряется значение температуры, осуществляется его оцифровка, а за тем производится сравнение полученного значения с заданным. Такой подход приводит к усложнению средств контроля температуры и, как следствие, к росту их стоимости и снижению точности измерения в процессе эксплуатации.

Так, при измерении температуры термопарой, основная проблема построения измерительного канала связана с ее малым выходным напряжением (около 50 мкВ на градус), которое гораздо меньше помех, наведенных на элементах измерительной цепи. Поэтому очень важно правильно выполнять экранирование и заземление проводов, идущих от термопары к модулю обработки. Модуль обработки желательно помещать по возможности ближе к термопаре, чтобы снизить длину проводов, по которым передается аналоговый сигнал.

Погрешность измерений с помощью термопар складывается из следующих основных составляющих: погрешность, вызванная постепенной деградацией характеристик; систематическая погрешность компенсации нелинейности (погрешность линеаризации) характеристики преобразования температуры в напряжение; погрешность аналого-цифрового канала [3].

Известны первичные измерительные преобразователи заданного значения температуры лишенные указанных недостатков, которые описаны в [4, 5]. Однако в их конструкции имеются подвижные элементы, это снижает их ресурс и точность фиксации заданного значения температуры (дребезг контактов).

Для исключения подвижных элементов разработан индуктивный первичный измерительный преобразователь осуществляющий контроль нахождения температуры в заданных пределах (рис. 1) [6, 7, 8, 9].

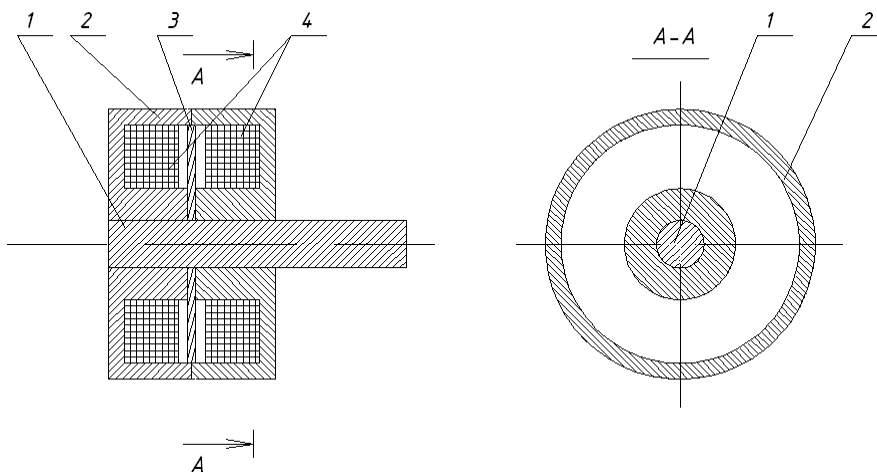


Рис. 1. Структурная схема первичного измерительного преобразователя контроля температуры

Чувствительный элемент (рис. 1) индуктивного первичного измерительного преобразователя заданного значения температуры, содержит магнитопровод 2 с торцевым осевым отверстием, выполненный в форме двух чашкообразных магнитопроводов Ш-образного сечения. Которые установлены встречно внутренними полостями, в каждой из которых расположена обмотка 4. Магнитопроводящий индуктор 1 установлен в отверстии соосно магнитопроводу 2. Чашкообразные магнитопроводы по внешнему контуру сопрягаются непосредственно, а по внутреннему, через кольцеобразную электропроводящую немагнитопроводящую перекрывающую магнитные потоки магнитопроводов и обмоток вставку 3, имеющую хотя бы один сквозной разрез, например, радиальный. Магнитопроводящий индуктор 1 выполнен из материала с заданной точкой Кюри.

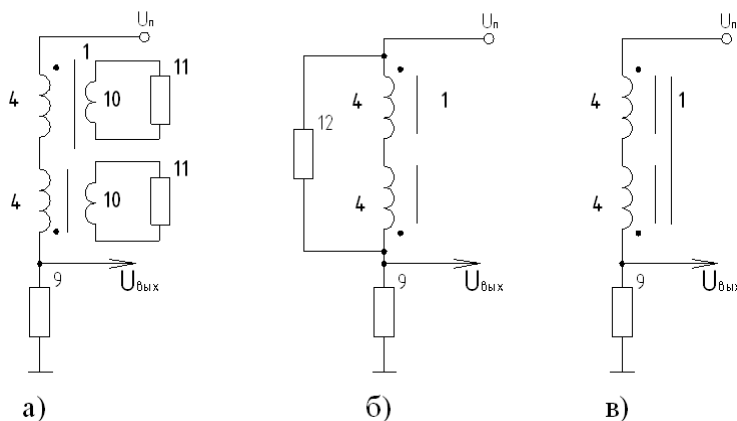


Рис. 2. Электрические схемы замещения первичного измерительного преобразователя

При подаче на обмотки 4 чувствительного элемента гармонического или импульсного сигнала, когда в зоне диамагнитной электропроводящей вставки 3 находится термомагнитный участок 6 индуктора 1, например, при температуре выше точки Кюри, магнитные потоки обмоток 4 не взаимодействуют, наводя ЭДС в диамагнитной электропроводящей вставке 3. Электрическая схема измерительной цепи представлена на рис. 2 а, где 9 – образцовое сопротивление, 10 – индуктивность диамагнитной электропроводящей вставки 3; 11 – внутреннее электрическое сопротивление вставки 3 ($R \sim 0$). Таким образом, когда в зоне диамагнитной вставки 3 находится термомагнитный участок 6 индуктора 1 при температуре выше точки Кюри, обмотки 4 чувствительного элемента и диамагнитная вставка 3 работают как трансформаторы в режиме короткого замыкания. В таком режиме практически вся

энергия магнитного поля обмоток 4 передаётся на электропроводящую диамагнитную вставку 3, где преобразуется в токи Фуко. При этом индуктивность обмоток 4 L_{01} стремится к нулю. Их комплексное сопротивление Z_{01} равно $Z_{01} = j\omega L_{01} + r$, (где ω – частота напряжения питания; r – активное сопротивление обмоток), которое так же мало. Такой режим работы чувствительного элемента можно заменить схемой, которая представлена на рис. 2б. В которой сопротивление элемента 12 эквивалентно параллельному включению активного сопротивления обмоток и внутреннего сопротивления диамагнитной электропроводящей вставки. Таким образом, когда в зоне диамагнитной вставки 3 находится термомагнитный участок 6 индуктора 1 при температуре выше точки Кюри, комплексное сопротивление чувствительного элемента мало, а следовательно и падение напряжения на нём также имеет небольшое значение.

При понижении температуры индуктора 1, связанного с контролируемым объектом в зоне диамагнитной вставки 3 находится термомагнитный участок 6 индуктора 1 при температуре ниже точки Кюри, основная часть магнитных потоков, направленных встречно замыкается через индуктор 1, внутренний контур чашкообразного магнитопровода 2, внешний контур чашкообразного магнитопровода 2, внешний контур второго чашкообразного магнитопровода 2, внутренний контур второго чашкообразного магнитопровода 2 и термомагнитный участок 6 индуктора 1. Эквивалентная схема такого режима работы представлена на рис. 2в. При этом суммарный магнитный поток резко уменьшается, потери энергии также уменьшаются и ими можно пренебречь. Индуктивность чувствительного элемента становится равна

$$L_{02} = L_1 + L_2 - \mu L_1 L_2, \quad (1)$$

где L_1, L_2 – индуктивности соответственно первой и второй обмоток чувствительного элемента.

Сопротивление чувствительного элемента

$$Z_{02} = j\omega(L_1 + L_2 - \mu L_1 L_2) + r_1 + r_2. \quad (2)$$

В данном случае $(L_1 + L_2)$ много больше, чем $\mu L_1 L_2$, а следовательно Z_{02} много больше, чем Z_{01} , что соответствует большему падению напряжения на чувствительном элементе, когда в зоне диамагнитной вставки находится термомагнитный участок 6 индуктора 1 при температуре ниже точки Кюри.

Таким образом, контролируя падение напряжения на чувствительном элементе, например, с помощью делителя напряжения на индуктивном и резистивном элементах, можно получать однозначную информацию о том, в какой заданной зоне температур находится термомагнитный участок 6 индуктора 1.

Магнитопроводящий индуктор или может быть выполнен из метатитаната бария с точкой Кюри $+100$ °С, из гадолиния с точкой Кюри $+16$ °С, из сплава Гейслера (61% Cu, 26% Mn, 13% Al) с точкой Кюри $+330$ °С, или из MnP с точкой Кюри $+25$ °С [10].

Магнитопроводящий участок индуктора выполненный из материала с заданной точкой Кюри, позволяет точно фиксировать переход температуры контролируемого объекта через точку Кюри.

При различных вариантах исполнения индуктивный чувствительный элемент посредством теплопроводящего индуктора, связанного с контролируемым объектом, обеспечивает получение информации о нахождении температуры контролируемого объекта в заданной области.

В разработанном первичном измерительном преобразователе температуры достигаются следующие технические результаты: не требуется преобразовывать аналоговый сигнал в цифровой код, что позволяет изготавливать более простые, дешевые и надежные датчики контроля температуры; физические эффекты, заложенные в датчик, позволяют применять материалы с достаточно стабильными термомагнитными свойствами, что значительно увеличивает ресурс датчика; отсутствуют подвижные элементы, что позволяет использовать его в условиях повышенных вибраций, в частности в системах дорожной и автомобильной автоматики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соснин, Д.А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных легковых автомобилей / Учебное пособие. М.: СОЛОН-Р. – 2000. – 272 с.
2. Акимов, С.В., Чижов Ю.П. Электрооборудование автомобилей. Учебник для вузов. - М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004 – 384 с.
3. Энциклопедия АСУ ТП [Интернет-портал]. URL: http://www.bookasutp.ru/Chapter6_3_3.aspx (дата обращения: 06.05.2014).
4. Патент на полезную модель 90197 Российская Федерация, МПК7 G01K 7/38. Сигнализатор температуры / Атлас М.Б.; №2009131359/22; заявл. 17.08.2009; опубл. 27.12.2009, Бюл. № 36.
5. Патент на полезную модель 85645 Российская Федерация, МПК7 G01K 7/38. Сигнализатор температуры / Атлас М.Б.; №2009100771/22; заявл. 11.01.2009; опубл. 10.08.2009, Бюл. № 22.
6. Патент на полезную модель 140025 Российская Федерация, МПК7 G01K 7/38. Индуктивный (трансформаторный) первичный измерительный преобразователь заданного значения температуры / Шаронов Г.И., Шаманов Р.С., Ганиев М.М., Жарин Д.Е., Жарин Е.И., Викулов В.И.; № 2013138518/28; заявл. 20.08.2013; опубл. 27.04.2014, Бюл. № 12.
7. Патент на полезную модель 140013 Российская Федерация, МПК7 G01K 7/38. Индуктивный (трансформаторный) первичный измерительный преобразователь заданного значения температуры / Шаронов Г.И., Шаманов Р.С., Ганиев М.М., Жарин Д.Е., Жарин Е.И., Викулов В.И.; № 2013138507/28; заявл. 20.08.2013; опубл. 27.04.2014, Бюл. № 12.
8. Патент на полезную модель 140010 Российская Федерация, МПК7 G01K 7/38. Индуктивный (трансформаторный) первичный измерительный преобразователь заданного значения температуры / Шаронов Г.И., Шаманов Р.С., Ганиев М.М., Жарин Д.Е., Курин С.В., Болгышева М.С.; № 2013138504/28; заявл. 20.08.2013; опубл. 27.04.2014, Бюл. № 12.
9. Патент на полезную модель 140049 Российская Федерация, МПК7 G01K 7/38. Индуктивный (трансформаторный) первичный измерительный преобразователь заданного значения температуры / Шаронов Г.И., Шаманов Р.С., Жарин Д.Е., Жарин Е.И., Ганиев И.М., Викулова И.Д.; № 2013138485/28; заявл. 20.08.2013; опубл. 27.04.2014, Бюл. № 12.
10. Прецизионные сплавы: Справочник /О.Н. Альтгаузен, В.И. Горбунов, В.Я. Агароник и др.; Под ред. Б.В. Молотилова. М.: Металлургия. 1974. – 448 с.

Рецензент: Францев Сергей Михайлович, доцент кафедры «Организация и безопасность движения» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», кандидат технических наук, E-mail: fsm8@mail.ru

Shamanov Roman

«Penza State University of Architecture and Construction»
Russia, Penza
E-Mail: shambox@list.ru

Perekusihina Irina

«Penza State University of Architecture and Construction»
Russia, Penza
E-Mail: obd@pguas.ru

Inductive primary measuring converter of a preset value of temperature

Abstract. In modern systems of automatic equipment, in particular road and automobile often there is a problem of control of temperature in the set limits.

Now as sensors of control of temperature semiconductor thermoresistors are widely used, in control systems integrated sensors temperatures representing single-crystal thermosensitive semiconductor elements with peripheral schemes find application. Control of temperature is exercised as follows, at first value of temperature is measured, its digitization is carried out, and behind that comparison of the received value with the set is made. Such approach leads to complication of control devices of temperature and, as a result, to growth of their cost and decrease in accuracy of measurement in use.

However in certain cases it is required not to take temperature but only to control its stay in the set limits. Known sensors of control of temperature have primary measuring converters containing mechanically mobile elements that reduces their resource and reliability, and doesn't allow to apply them in the conditions of the increased vibration.

On the basis of the analysis of patent literature primary measuring converter of temperature by means of which it is possible to reach the following technical results is synthesized: it isn't required to transform an analog signal to a digital code that allows to make simpler, cheap and reliable sensors of control of temperature; the physical effects put in the sensor, allow to apply materials with rather stable thermomagnetic properties that considerably increases a sensor resource; there are no mobile elements that allows to use it in the conditions of the increased vibrations, in particular in systems of road and automobile automatic equipment.

Keywords: temperature; control; sensor, primary measuring converter, automatic equipment system, Curie's temperature, inductance, thermomagnetic alloy.

Identification number of article 15TVN314

REFERENCES

1. Sosnin, D.A. Avtotronika. Jelektrooborudovanie i sistemy bortovoj avtomatiki sovremennyh legkovyh avtomobilej / Uchebnoe posobie. M.: SOLON-R. – 2000. – 272 s.
2. Akimov S.V., Chizhov Ju.P. Jelektrooborudovanie avtomobilej. Uchebnik dlja vuzov. - M.: ZAO «KZHI «Za rulem», 2004 – 384 s.
3. EHntsiklopediya ASU TP [Internet-portal]. URL: http://www.bookasutp.ru/Chapter6_3_3.aspx (data obrashheniya: 06.05.2014).
4. Patent na poleznuyu model' 90197 Rossijskaya Federatsiya, MPK7 G01K 7/38. Signalizator temperatury / Atlas M.B.; №2009131359/22; zayavl. 17.08.2009; opubl. 27.12.2009, Byul. № 36.
5. Patent na poleznuyu model' 85645 Rossijskaya Federatsiya, MPK7 G01K 7/38. Signalizator temperatury / Atlas M.B.; №2009100771/22; zayavl. 11.01.2009; opubl. 10.08.2009, Byul. № 22.
6. Patent na poleznuyu model' 140025 Rossijskaya Federatsiya, MPK7 G01K 7/38. Induktivnyj (transformatornyj) pervichnyj izmeritel'nyj preobrazovatel' zadannogo znacheniya temperatury / SHaronov G.I., SHamanov R.S., Ganiev M.M., ZHarin D.E., ZHarin E.I., Vikulov V.I.; № 2013138518/28; zayavl. 20.08.2013; opubl. 27.04.2014, Byul. № 12.
7. Patent na poleznuyu model' 140013 Rossijskaya Federatsiya, MPK7 G01K 7/38. Induktivnyj (transformatornyj) pervichnyj izmeritel'nyj preobrazovatel' zadannogo znacheniya temperatury / SHaronov G.I., SHamanov R.S., Ganiev M.M., ZHarin D.E., ZHarin E.I., Vikulov V.I.; № 2013138507/28; zayavl. 20.08.2013; opubl. 27.04.2014, Byul. № 12.
8. Patent na poleznuyu model' 140010 Rossijskaya Federatsiya, MPK7 G01K 7/38. Induktivnyj (transformatornyj) pervichnyj izmeritel'nyj preobrazovatel' zadannogo znacheniya temperatury / SHaronov G.I., SHamanov R.S., Ganiev M.M., ZHarin D.E., Kurin S.V., Boltysheva M.S.; № 2013138504/28; zayavl. 20.08.2013; opubl. 27.04.2014, Byul. № 12.
9. Patent na poleznuyu model' 140049 Rossijskaya Federatsiya, MPK7 G01K 7/38. Induktivnyj (transformatornyj) pervichnyj izmeritel'nyj preobrazovatel' zadannogo znacheniya temperatury / SHaronov G.I., SHamanov R.S., ZHarin D.E., ZHarin E.I., Ganiev I.M., Vikulova I.D.; № 2013138485/28; zayavl. 20.08.2013; opubl. 27.04.2014, Byul. № 12.
10. Pretsizionnye splavy: Spravochnik /O.N. Al'tgauzen, V.I. Gorbunov, V.YA. Agaronik i dr.; Pod red. B.V. Molotilova. M.: Metalurgiya. 1974. – 448 s.