

УДК 536.715

# Явление генерирования электрических импульсов при фазовых переходах

В. В. ИЛЮХИН, И. М. ТАМБОВЦЕВ, С. В. ШИШКИН, М. Я. БУРЛЕВ, С. С. ИЛЮХИНА

Московский государственный университет прикладной биотехнологии

*A new method of measurement of substances temperatures during phase transitions is offered. The method involves the use of thermoelectrical temperature probes and in addition – the electrical probe perceiving the electrical signal, generated by the substance during the phase transition of the first kind, registration of the integral signals from the thermoelectrical probe and the electrical signal of the phase transition of the first kind from the probe, and the subsequent correction (disintegration) of the signal of the thermal probe by the value of the signal of the probe.*

В лаборатории кафедры «Технологическое оборудование и процессы отрасли» (ТОПО) МГУПБ В. В. Илюхиным с помощью устройства [1], оснащенного осциллографом с памятью и высокой разрешающей способностью, было обнаружено неизвестное ранее явление генерирования и синхронизации униполярных электрических импульсов веществами при фазовых переходах первого рода и отсутствия генерирования электрических импульсов при фазовых переходах второго рода. Данный эффект состоит в том, что дискретные частицы веществ (молекулы или группы молекул), которые могут свободно относительно друг друга осуществлять фазовый переход, взаимодействуют посредством сколь угодно малых сил, зависящих от их взаимного расположения, имеют тенденцию к генерированию униполярных электрических импульсов в виде гармонических колебаний с одинаковыми амплитудами, частотами и скважностью.

Многочисленными экспериментами, проведенными соавторами, получено подтверждение явления генерирования электрических импульсов при фазовых переходах, обнаруженного В. В. Илюхиным.

Известно, что значение температуры, давления или какой-либо другой физической величины, при котором происходит фазовый переход, называют точкой перехода. Различают фазовые переходы двух родов. При фазовом переходе первого рода скачком меняются такие характеристики вещества, как плотность, концентрация компонентов, в единице массы выделяется или поглощается вполне определенное количество теплоты, называемое теплотой фазового перехода. При фазовом переходе второго рода некоторая физическая величина, равная нулю с одной стороны от точки перехода, постепенно растет при удалении от точки перехода в другую сторону, при этом плотность изменяется непрерывно, теплота не выделяется и не поглощается. Фазовый переход первого рода – широко распространенное в природе явление. К нему относятся: испарение и конденсация, плавление и затвердевание, сублимация и

конденсация в твердую фазу, некоторые структурные переходы в твердых телах, например образование маргениита в сплаве железо – углерод [1].

В холодильной технике обычно используют три типа электрических датчиков: полупроводниковые термометры, термоэлектрические термометры и термометры сопротивления.

Полупроводниковые термометры сопротивления (термисторы) [3] используют для измерения температуры с допустимой погрешностью  $\pm 0,1\%$ . Преимущество термисторов состоит в том, что они имеют примерно на порядок более высокий температурный коэффициент, чем металлы. Недостатки термисторов – их нестабильность, которая заключается в невоспроизведимости значений сопротивлений при одной и той же температуре и изменении сопротивления термистора с течением времени.

Термоэлектрические термометры (термопары) [3] представляют собой измерительные устройства, состоящие из термоэлектрических преобразователей температуры, электроизмерительных приборов и проводов, соединяющих их между собой в единое целое. Датчик термопары состоит из двух соединенных между собой разнородных электропроводящих элементов (обычно металлических проводников или полупроводников). Действие термопары основано на эффекте Зеебека. Если контакты (обычно спаи) проводящих элементов, образующих термопару (их называют термоэлектродами), находятся при разных температурах, то в цепи термопары возникает термоЭДС, величина которой однозначно определяется температурой горячего и холодного контактов и природой материалов, примененных в качестве термоэлектродов. ЭДС термопары из металлических проводников обычно лежит в пределах 5...60 мкВ/К. ЭДС термопар из полупроводников может быть на порядок выше. Точность определения температуры с помощью термопар составляет, как правило, несколько градусов К, а у некоторых термопар достигает 0,01 К. В сочетании с электроизмеритель-

ными приборами (милливольтметром, потенциометром и др.) термопара образует термоэлектрический термометр. Преимущество термоэлектрических термометров заключается в их широком применении во всех отраслях промышленности практически во всем диапазоне измеряемых температур.

Недостатком термопар является необходимость использования термокомпенсационных проводов для снижения погрешности измерения, что удорожает систему, усложняет ее монтаж и эксплуатацию.

Термометры сопротивления [3] состоят из термо преобразователей сопротивления, электроизмерительных приборов и проводов, соединяющих их между собой в единое целое. Измерение температуры с помощью термопреобразователей сопротивления основано на зависимости электрического сопротивления чувствительного элемента от температуры. Термометры сопротивления широко применяются во всех отраслях промышленности для измерения температуры в достаточно широком диапазоне (от  $-270$  до  $+650$   $^{\circ}\text{C}$ ).

В промышленности и в научных исследованиях используют все три типа электрических датчиков. Однако все они имеют общий недостаток: существенную погрешность при измерении температуры веществ в процессах с фазовыми переходами первого или второго рода.

В устройство для измерения температуры при фазовых переходах (рис.1) в дизельтрическую емкость 1, установленную в холодильной камере 2, помещен образец вещества, например воды. На образце 1 зафиксированы зонд 3 и датчик температуры – термопара 4. В сосуде Дьюара 5 расположена термопара 6, погруженная в раствор 7 воды со льдом (термостатирована и предназначена для сравнительного измерения температуры с термопарой 4). Зонд 3, термопары 4 и 6 соединены с помощью проводов 8 с соответствующими контактами блок-переходника 9, который последовательно подключен к универсальной плате сбора и контроля ввода/вывода цифровой и аналоговой информации 10, расположенной внутри системного блока 11 компьютера типа IBM PC с монитором 12 и принтером 13. Элементы 8, 9 устройства подсоединенны к заземлению 14. Зонд 3 выполнен в виде медной пластины, к которой припаян экранированный провод. Датчик 4 температуры выполнен в виде сварной хромель-копелевой

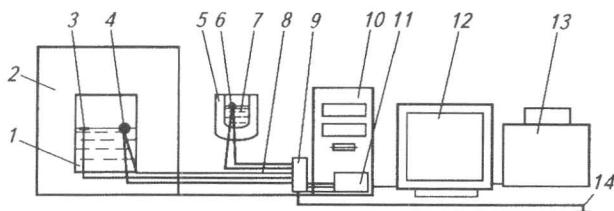


Рис. 1. Схема устройства для компьютерной термометрии с использованием виртуального осциллографа с памятью

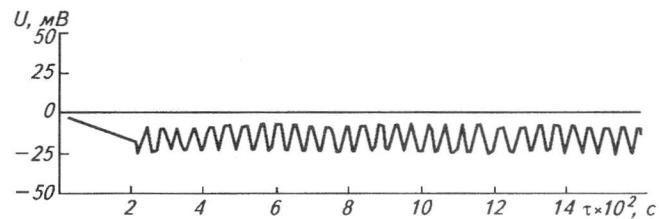


Рис. 2. Оциллограмма сигналов, генерируемых при фазовом переходе первого рода, полученная зондом при замораживании воды без участия электрического сигнала от термопары

термопары в экранированной оплётке и подключен к блок-переходнику 9.

Измерения температуры воды при фазовых переходах осуществляют следующим образом. В процессе замораживания происходит фазовый переход первого рода воды в лед, т.е. кристаллизация, и на зонд 3 поступают электрические сигналы, генерируемые в процессе фазового перехода. Эти импульсы по проводу передаются на блок-переходник 9, далее на универсальную плату 10, в результате чего обрабатываются программой и отображаются на мониторе 12, а затем выводятся на принтер 13 (рис. 2).

Термопара 4 при замораживании будет фиксировать интегральный сигнал от двух источников: первый от температуры за счет эффекта Зеебека и второй от эффекта фазового перехода. Этот интегральный сигнал поступает по проводам 8 в блок-переходник 9, затем на универсальную плату 10, обрабатывается программой и отображается на мониторе 12, а затем выводится на принтер 13 (рис.3).

На графике, изображенном на рис. 3, представлена интегральная импульсная модуляция, полученная в результате сложения сигналов от зонда 3 и датчика 4. Дезинтегрирование этого графика, т.е. вычитание из него графика, представленного на рис. 2, дает истинные скорректированные значения сигналов термодатчика (рис. 4).

Определим погрешность измерения температуры на примере кристаллизации воды термопарой в сравнении с предложенным способом измерения температуры с помощью рис. 2, 3 и 4. Усредненное значение интегрального сигнала  $U_i$  термопары (рис. 3) равно  $-25 \text{ мВ}$  и является значением температуры фазового перехода по прототипу. Разница значений (см. рис. 4) между интеграль-

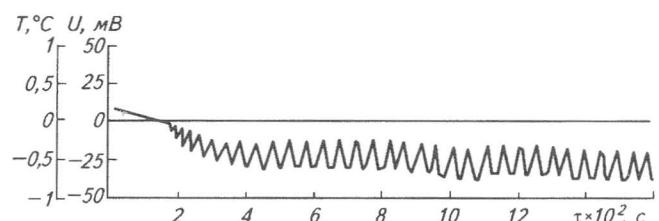


Рис.3. Интегральная осциллограмма сигналов, полученная в результате суммирования сигнала, генерируемого при фазовом переходе первого рода, и сигнала, полученного от термопары при замораживании воды

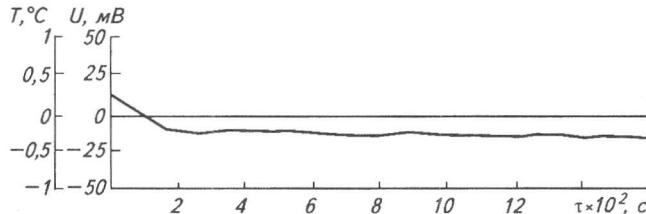


Рис. 4. Дезинтегрированный график усредненных значений по рис. 2 и 3

ным сигналом  $U_i$  и сигналом зонда  $U_3$  (см. рис. 2) равна  $-10 \text{ мВ}$ . Отсюда ошибка измерения равна:

$$(U_i - U_3) 100/U_3 = [-25 - (-10)] 100/(-10) = 150 \text{ \%}.$$

Представленный способ измерения температуры был апробирован на воде и на продуктах питания. Все проведенные эксперименты показали высокую надежность и достоверность полученных результатов.

Предложенный способ, а также устройство для его осуществления прошли опытную проверку в лаборатории кафедры ТОПО МГУПБ и в ЗАО «Сибирь-Ялотупровскмолоко».

Данное открытие вносит существенный вклад в науку о физике фазовых переходов, кроме того, имеет большое прикладное значение. Достаточно отметить, что целый ряд ГОСТов и приборов, основанных на точном измерении криоскопической температуры, необходимо пересмотреть и осуществить их ревизию.

## ВЫВОДЫ

В исследованиях тепловых процессов с фазовыми переходами (сушка, конденсация, сублимация, десублимация, замораживание, оттаивание) тепло-, массо- и электроперенос необходимо рассматривать как единое целое, в противном случае требуется указание о принятом допущении.

При использовании приборов контроля, основанных на электроизмерении, в качестве датчиков, используемых в условиях фазовых переходов, необходимо вносить коррекцию в показания.

На все вещества, используемые в промышленности, необходимо составить корректировочные таблицы, учитывающие параметры электрических импульсов, генерируемых при фазовых переходах, так, как это сделано для констант теплоты фазовых переходов веществ.

## Список литературы

1. А.с. СССР № 1322516. Устройство для контроля параметров электризации ионизированного потока газа / В.В. Илюхин. Опубл. 07.07.87 Бюл. № 25.
2. Олейник Б.Н. Точная калориметрия. – М.: Издательство Государственного комитета стандартов, мер и измерительных приборов СССР, 1964.
3. Петров И.К. Технологические измерения и приборы в пищевой промышленности. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985.
4. Физический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1983.