

Компьютеризированная лабораторная работа по определению точки Кюри

В.И. Скиданенко, к.ф.-м.н., заведующий кафедрой ПТФ,
В.К. Чуркин, к.т.н., доцент кафедры ПТФ,
Н.В. Чуркина, студентка. Тольяттинский государственный университет.

Характерной особенностью автоматизированного эксперимента является использование ЭВМ, а также измерительных датчиков и аналого-цифрового преобразователя. В работе используется типовое оборудование для постановки компьютеризированного эксперимента. В качестве примера представлена лабораторная работа по определению температуры Кюри ферромагнетика. Намагниченность измерялась индукционным методом, температура - с помощью термопары. Получена зависимость намагниченности от температуры в режиме реального времени, по которой и определяется температура Кюри. Предлагаемую методику можно применить для постановки лабораторных работ по курсу физики и другими дисциплинами.

1. Введение

Автоматизация эксперимента является эффективным средством ускорения сбора и обработки экспериментальных данных, повышения продуктивности работы исследователей, интенсификации использования экспериментальных установок. Характерной особенностью автоматизированного эксперимента является использование электронно-вычислительной машины (ЭВМ), что позволяет собирать, хранить и обрабатывать большое количество информации, управлять экспериментом в процессе его проведения, обслуживать одновременно несколько установок. На основании анализа полученных данных в реальном времени осуществляется изменение условий измерений (управление) [1].

1. Физическая энциклопедия. — т.1. — М.: Советская энциклопедия, 1988

Современный персональный компьютер обладает достаточным быстродействием и памятью для использования его в автоматизированной измерительной системе. Однако требуются значительные затраты на разработку аналого-цифрового преобразователя, измерительных датчиков и программного обеспечения для конкретного исследуемого объекта [2]. Стоимость затрат на создание измерительной системы существенно снижается, если применять программное обеспечение и элементы системы, выпускаемой серийно.

2. Измерения в промышленности. Справочник. — М.: Металлургия, 1980

Для измерительной системы можно использовать аналого-цифровой преобразователь и программное обеспечение, изготовленные исследовательской группой СНАРК Московского автомобилестроительного института [3].

3. Поваляев О.А., Резцова Н.А. Компьютерные лабораторные работы по химии // Бюллетень «Проблемы информатизации высшей школы», №3, 1995.

Аналого-цифровой преобразователь из серии оборудования «Лаборатория L — микро» подключается к IBM-совместимому компьютеру через последовательный порт COM 1 вместо или вместе с «мышью». Преобразователь имеет два аналоговых входа и один цифровой. Компьютер должен иметь процессор не хуже 286, и оперативную память не менее 1 Мб, дисковод 3,5", монитор VGA и операционную систему MS-DOS 3.3 или выше.

К преобразователю прилагается дискета с программным обеспечением. Оно включает в себя мощный математический аппарат, элементы мультипликации, электронную таблицу, средство корректировки экспериментальных данных ввода и вывода их в графическом виде, готовом для составления отчёта. Программа позволяет отображать показания датчиков на

экране монитора, допускает остановку записи данных в любой момент времени и оперативный просмотр полученных графиков.

Трудности заключаются обычно в отсутствии датчиков из базового комплекта и описания программного обеспечения. Поиск информации в сети INTERNET, а также исследования функциональных возможностей аналого-цифрового преобразователя и стандартного программного обеспечения, позволяют решить эти частные трудности.

2. Лабораторная установка

Созданная на основе компьютера Pentium III измерительная система применена для определения точки Кюри индукционным способом.

Ферромагнетики при достаточно низкой температуре и отсутствии внешнего поля обладают спонтанным (самопроизвольным) макроскопическим магнитным моментом. Для них характерно существование температуры Кюри (точка Кюри T_c), выше которой вещество переходит в парамагнитное состояние с нулевым спонтанным магнитным моментом. При нагревании вещества и приближении к точке Кюри тепловое движение атомов разупорядочивает ориентацию магнитных моментов атомов. Аналогично ведут себя ферримагнетики.

Наиболее распространённый метод определения точки Кюри основан на измерении ЭДС в обмотке, надетой на образец, при намагничивании его переменным током. При этом не требуется сильных полей, т.к. магнитная проницаемость вещества вблизи температуры Кюри резко увеличивается [4].

4. Кифер И.И.; Пантюшин В.С. Испытания ферромагнитных материалов, — М. Госэнергоиздат, 1995.

При пропускании переменного тока через катушку 1 в катушке 2 индуцируется напряжение взаимной индукции, величина которого определяется формулой

$$U_{вз} = \mu_{12} (dJ_1/dt)$$

Где μ_{12} — взаимная индуктивность катушек 1 и 2; dJ_1/dt — скорость изменения тока в катушке 1.

Для катушек намотанных на общий сердечник $\mu_{12} = \mu\mu_0\mu_1 n_1 n_2 V$, где μ — магнитная проницаемость материала сердечника, n_1 и n_2 — число витков в единицу длины катушек 1 и 2, V — общий объём катушек.

При приближении температуры образца к точке Кюри его магнитная проницаемость μ , а значит и коэффициент взаимной индукции μ_{12} резко уменьшаются. Это приводит к резкому уменьшению индуцируемого напряжения во вторичной обмотке.

Лабораторные установки для компьютеризированных работ должны быть компактными, надёжными в эксплуатации и удобными для транспортировки к измерительной системе. Исходя из этих требований, миниатюрную печь изготовили на основе керамического проводящего сопротивления длиной 90 мм и диаметром 30 мм. От источника питания БС-24М она позволяет нагревать образец до 350°C при напряжении переменного тока 32 вольта. По оси печи с помощью фторопластовых заглушек установлен ферритовый стержень от магнитной ленты приёмника. На стержень намотана в один слой вторичная обмотка из медного провода диаметром 0,3 мм. Между стержнем и стенкой сопротивления находится измерительный спай термопары железоконстант (рис. 1 (см. в конце статьи)). Перед использованием провели градуировку термопары по ртутному термометру во всём диапазоне измеряемых температур через 10°C . Свободные концы термопары находились при комнатной температуре. Градуировку осуществляли в этой же печи. Торцы печи закрывали фторопластовыми дисками для уменьшения градиента температуры оси печи. Градуированный график приведён на рис. 2 (см. в конце статьи).

Сигналы от вторичной обмотки и термопары поступают на два независимых входа аналого-цифрового преобразователя. Чтобы получить кинетическую кривую, сигнал от вторичной обмотки предварительно выпрямляется мостовой схемой из маломощных диодов Д2Г и

фильтруется электролитическим конденсатором емкостью 300 мкф.

3. Результаты эксперимента

Кинетические кривые напряжений со вторичной обмотки и термопары представлены на рисунке 3 (см. в конце статьи). График хорошо отражает динамику процесса и его завершение. Нагревание образца начато с температуры 105°C, достигнутой в предыдущем опыте после цикла нагревание-охлаждение. Начальный сброс температуры на графике и постепенное увеличение индуцированного напряжения вторичной обмотки обусловлено переходными процессами в измерительной системе при включении установки. Индикаторы показывают значения напряжений, соответствующие положению указателя (пунктирная линия). Именно в этой области находится точка Кюри. По градуированному графику (рис. 2) указанному значению напряжения термопары соответствует температура 217,5°C. Более точно температура Кюри устанавливается по графику зависимости индуцируемого напряжения от его температуры. Он был получен после проведения эксперимента путём пересчёта показаний термопары в значении температуры по градуированному графику. Согласно [5] точка Кюри соответствует перегибу на резко спадающем участке кривой. Приходим к значению 215°C.

5. Циммерман Р., Гюнтер К. *Металлургия и металловедение. Справочник.* — М.: *Металлургия*, 1982.

4. Осуждение результатов

Полученные значения находятся в интервале верхнего предела рабочей температуры для ферритовых сердечников от 100°C до 400°C. Для магнитных антенн применяют магнитомягкие ферриты, представляющие собой керамику на основе системы Ni — Zn — Fe₂O₃ (группа НН) и Mn — Zn — Fe₂O₃ (группа НМ). Для простых ферритов NiFe₂O₄ и MnFe₂O₄ точки Кюри составляют соответственно 590°C и 300°C, а начальные магнитные проницаемости 250 и 30 [6]. Более высокая магнитная проницаемость достигается добавлением цинкового феррита Zn Fe₂O₃, чем снижается точка Кюри. Добавки цинкового феррита в небольших количествах могут снизить точку Кюри вплоть до комнатной температуры.

6. Баклевич В.А. *Техническая керамика.* — М. *Стройиздат*, 1984.

Стержни для магнитных антенн маркируются с торца красной или белой краской, обозначающей магнитную проницаемость 600 или 1000 [8]. Таким образом, установление истинного состава применённого образца требует дополнительного исследования, на основе которого может быть продолжено сопоставление полученного значения точки Кюри с проводимыми в литературе сведениями для ферритов переменного состава [7,9].

7. Палацкий А. *Техническая керамика.* — М.: *Государственное энергетическое издательство*, 1959.

8. *Справочник радиолюбителя-конструктора.* — М.: *Радио и связь*, 1983.

9. *Физические величины. Справочник.* — М. *Энергоиздат*, 1991.

Проведённые исследования подтверждают возможность использования персонального компьютера в качестве универсального измерительного прибора, обеспечивающего удобство отсчёта и регистрации результатов измерений, их обработки и вывода в виде графиков и таблиц.

Измерение в режиме реального времени позволяет наблюдать за динамикой процесса, не отвлекаясь на трудоёмкость запись данных и расчёта.

На основе созданной измерительной системы может быть разработана серия лабораторных нового поколения, соответствующих требованиям времени.

Рис. 1. Схема измерительной системы для определения точки Кюри индукционным способом: 1 — керамическое проволочное сопротивление ($R=27\ \text{Ом}$), 2 — первичная обмотка, 3 — ферритовый стержень НН, 4 — вторичная обмотка, 5 — термопара

медь-констант, 6 — фторопластовые заглушки, 7 — аналого-цифровой преобразователь, 8 — последовательный порт COM I, 9 — компьютер Пентиум III (600 мГц), 10 — принтер.

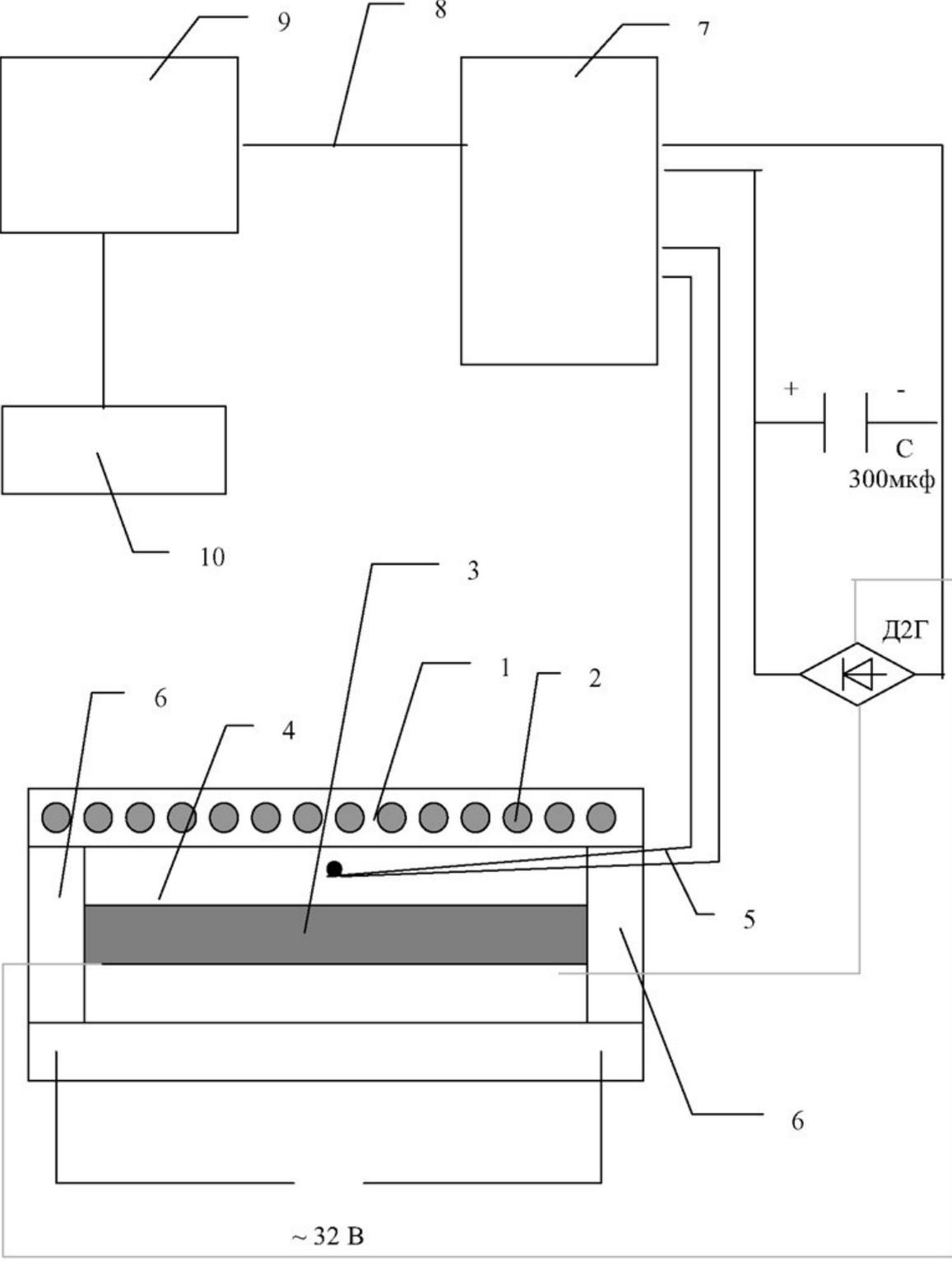


Рис. 2

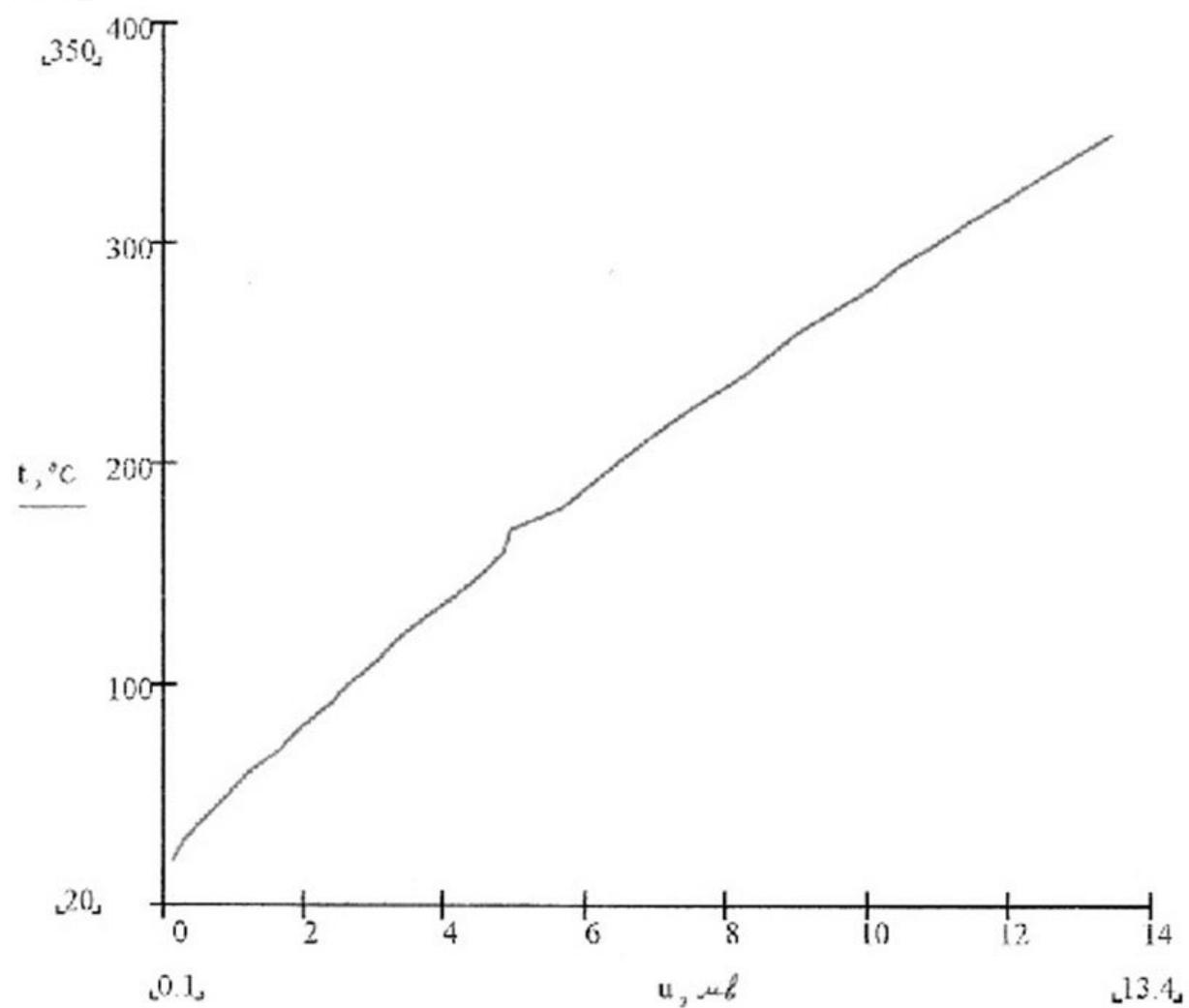


Рис.2 Градуировочный график Fe-константановой термопары.

Рис. 3. Кинетические кривые напряжений: 1 — вторичной обмотки, 2 — термопары

