

Кафедра «Моделирование систем и информационные технологии»

Определение точки Кюри для ферромагнетика

Методические указания к лабораторной работе
по курсу «Общая физика»

Принадлежности:

1. Ферромагнитный образец
2. Электрическая печь
3. Термопара с милливольтметром
4. Микроамперметр

Классификация магнетиков

Если магнетик поместить в однородное магнитное поле напряженностью H , то магнитное поле внутри магнетика изменится. Это объясняется тем, что в состоянии намагничивания магнетик дает добавочную напряженность магнитного поля H' , которая векторно складывается с первоначальной напряженностью H . Векторная сумма $\mathbf{B} = \mathbf{H} + \mathbf{H}'$ называется *вектором магнитной индукции*. Вещества, для которых $\mathbf{H}'$ совпадает по направлению с $\mathbf{H}$, называются *парамагнитными*. Внутри них магнитное поле усиливается. Вещества, для которых $\mathbf{H}$ и $\mathbf{H}'$ противоположны по направлению, называются *диамагнитными*. Магнитное поле внутри них ослабляется. Величина μ называется *магнитной проницаемостью среды*. Для парамагнетиков (алюминий, платина и др.) $\mu > 1$, для диамагнетиков (медь, поваренная соль и др.) $\mu < 1$. Ферромагнетики (железо, никель, кобальт и др.) характеризуется более сложной зависимостью вектора магнитной индукции от напряженности маг-

нитного поля. Для них вводится понятие дифференциальной магнитной проницаемости:

$$\mu = \frac{dB}{dH}$$

Эта величина зависит от H . Кроме того, для ферромагнетиков наблюдается явление гистерезиса. Это явление заключается в том, что магнитная индукция зависит не только от напряженности поля в данный момент, но и от того, какова напряженность была раньше, иначе говоря μ является неоднозначной функцией от H .

Большое значение величины магнитной проницаемости μ для ферромагнетиков объясняется наличием в них микроскопических, но достаточно малых (обычно по-

рядка 0,01мм) спонтанных областей намагничивания, называемых *доменами*. В таких областях при отсутствии внешнего поля магнитные моменты всех атомов имеют одинаковое направление. При повышении температуры, начиная с некоторой, порядок в расположении магнитных моментов нарушается, домены распадаются и ферромагнетик превращается в парамагнетик. Эта температура, выше которой ферромагнитное тело становится парамагнетиком, называется *точкой Кюри*.

Температура Кюри некоторых сплавов весьма низка, причем значительно ниже точки Кюри отдельных компонентов, точка Кюри у сплава 30% Ni и 70% Fe всего лишь 80÷85°C

Метод определения точки Кюри

Для определения точки Кюри в данной работе применяется установка, принципиальная схема которой приведена на рис.1:

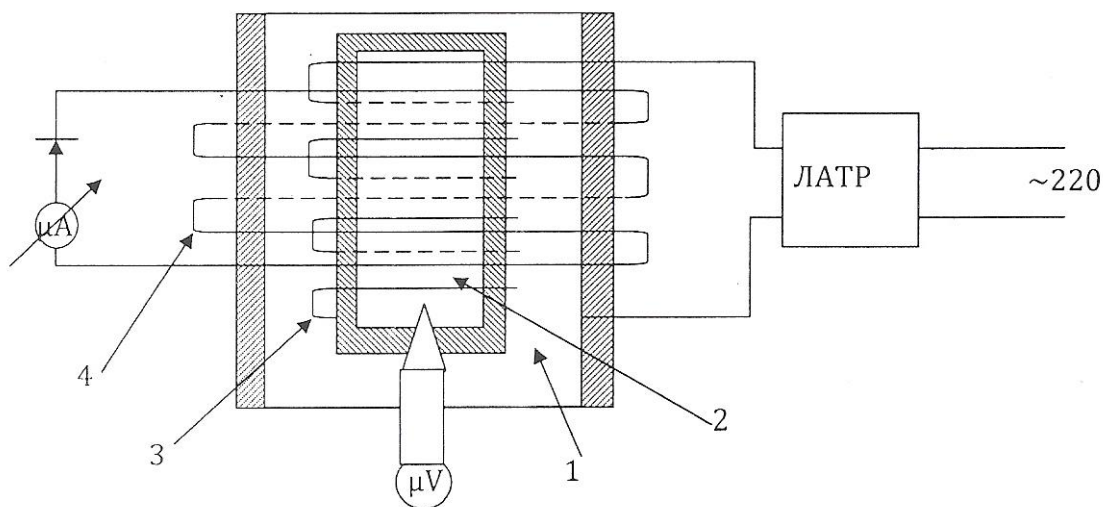


Рис.1

В печь 1 помещают исследуемый образец 2, который нагревается спиралью 3. При

протекании тока через спираль 3 индуцируется ток в катушке 4. Этот ток регистрируется микроамперметром. Первичная обмотка отделена от вторично слоем теплоизолирующего материала, температура образца измеряется термопарой, горячий спай которой помещен в печь. При достижении температуры Кюри магнитные свойства образца изменяются, впоследствии чего Э.Д.С. индукции во вторичной обмотке резко падает, что отмечается микроамперметром. Причина такого изменения Э.Д.С. заключается в следующем.

Нагревательная спираль обладает как индуктивным, так и омическим R_1 сопротивлениями. Поэтому принципиальную схему прибора можно представить, как

это показано на рис.2:

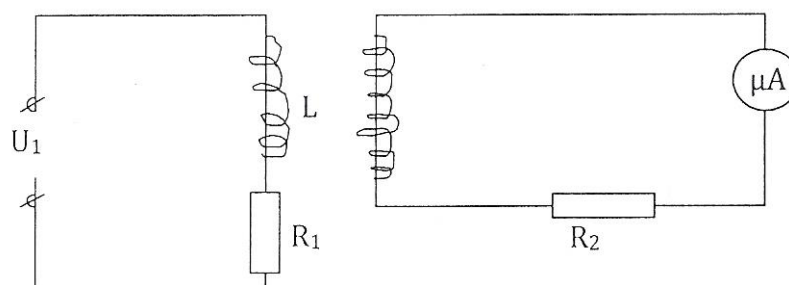


Рис.2

Коэффициент самоиндукции первичной обмотки зависит от ее параметров и мате-

риала сердечника. Напряжение на первичной обмотке равно:

$$U_1 = U_{R1} + U_L$$

где $U_{R1} = I_1 R_1$ - падение напряжения на омическом сопротивлении обмотки,

$U_L = - E_{\text{инд}}$ - падение напряжения на чисто индуктивном сопротивлении, чис-

ленно равное Э.Д.С. индукции, возникшей в первичной цепи.

Таким образом, Э.Д.С. индукции равна:

$$E'_{\text{инд}} = I_1 R_1 - U_1 \quad (1)$$

С другой стороны

$$E'_{\text{инд}} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Здесь Φ - магнитный поток, проходящий через все N_1 витков первичной обмотки, равный $\Phi = N_1 \Phi_1$

где Φ_1 - магнитный поток, проходящий через один виток.

Такой же магнитный поток Φ_1 пронизывает каждый виток вторичной обмотки. Общий поток, проходящий через N_2 витков вторичной обмотки, равен:

$$\Phi_2 = N_2 \Phi_1$$

Тогда Э.Д.С. индукции в первичной и вторичной обмотках равны соответственно

$$E'_{\text{инд}} = - N_1 \frac{d\Phi_1}{dt} \quad \text{и} \quad E''_{\text{инд}} = - N_2 \frac{d\Phi_1}{dt}$$

Откуда:

$$E''_{\text{инд}} = \frac{N_2}{N_1} E'_{\text{инд}}$$

Подставив в последнее выражение значение $E'_{\text{инд}}$ из уравнения (1) получим:

$$E''_{\text{инд}} = \frac{N_2}{N_1} (I_1 R_1 - U_1) \quad (2)$$

Из формулы (2) следует, что при $U_1 = I_1 R_1$, Э.Д.С. индукции во вторичной обмотке равна нулю.

Равенство $U_1 = I_1 R_1$ выполняется лишь в том случае, когда индуктивное сопротивление в цепи первичной катушки равно нулю. Когда температура образца достигает точки Кюри, коэффициент самоиндукции, а следовательно, и индуктивное сопротивление первичной обмотки резко уменьшается и практически становится равным нулю. Поэтому $E''_{\text{инд}} \approx 0$, значит и ток во вторичной обмотке отсутствует. На этом основано определение точки Кюри ферромагнетиков.

Порядок работы

Соберите установку (рис.1)

Внимательно изучите пределы измерения и цену деления каждого прибора, используемого в данной работе.

Включите нагревательную спираль через лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) в сеть переменного тока и установите регулятором напряжение 120 Вольт.

Через каждые 20°C /по милливольтметру/ записывайте показания микроамперметра.

После 250°C записывайте показания через каждые 10°C .

Когда ток во вторичной катушке начинает уменьшаться, показания снимайте через каждые 10 делений микроамперметра.

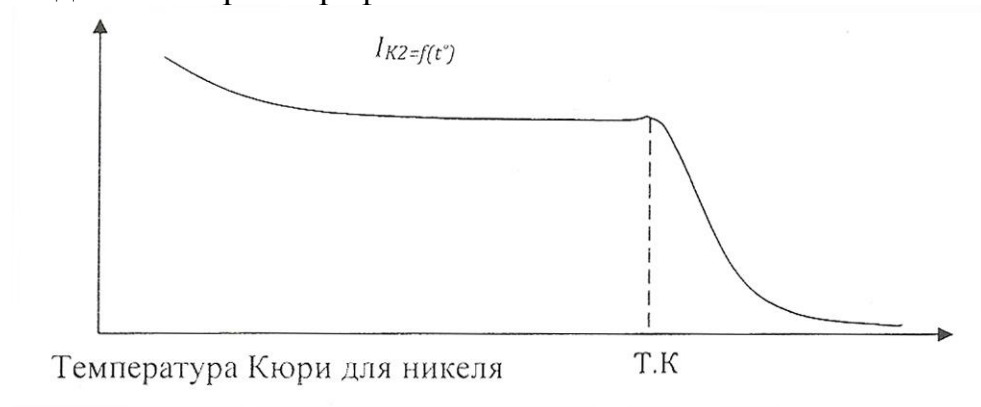
Когда стрелка микроамперметра практически остановится, заканчивайте снятие показаний и немедленно выключайте нагреватель.

Температура в процессе не должна превышать 350°C

Результат записывают в таблицу:

Материал сердечника	Температура сердечника $^{\circ}\text{C}$						и т.д. но не свыше 350°C
Ni	Ток катушки K_2 в микроамперах						

Полученным данным строят график



Температура Кюри для никеля.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируются магнетики?
2. Почему значение μ для ферромагнетиков велико?
3. Почему при определенной температуре ферромагнетики изменяют свои магнитные свойства?
4. Физический смысл точки Кюри?
5. Объясните явление гистерезиса?

Обязательная литература

1. С.Э.Фриш и А.В.Тиморева, Курс общей физики, т.2, §202,203,204 ГИТТЛ, 1957г.
2. К.А.Путилов, Курс физики, т.2, §63,64, Физматгиз, 1962г.