

ФИЗИКА

Л. В. КИРЕНСКИЙ и В. Ф. ИВЛЕВ

**ЯВЛЕНИЕ ОБРАТНОЙ ИНВЕРСИИ В ФЕРРОМАГНЕТИКАХ**

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 20 XI 1950)

По современным воззрениям <sup>(1)</sup>, процесс намагничения ферромагнетика разбивается на три последовательных стадии — инверсии, вращения и так называемого парапроцесса.

Процесс вращения и все связанные с ним явления хорошо укладываются в рамки теории, разработанной Н. С. Акуловым <sup>(1)</sup>. Парапроцесс при температурах, достаточно далеких от точки Кюри, существенного влияния на ход кривой намагничения не оказывает, в особенности в области не очень сильных полей.

Что касается процесса инверсии, то, несмотря на ряд фундаментальных работ <sup>(1-5)</sup>, описывающих его механизм и связанных с ним явлений, ряд существенных деталей этого процесса еще далеко не выяснен.

Во всяком случае известно, что процесс инверсии заключается в перемещении междоменной перегородки под действием магнитного поля, причем с ростом поля растет и вектор интенсивности намагничения, поскольку в каждом кристаллите ферромагнетика будет расти та фаза, спины которой ориентированы в направлении оси легчайшего намагничения, ближайшей к направлению поля. Кроме того, обычно считают <sup>(6)</sup>, что антипараллельная фаза уничтожается быстрее, т. е. продольная инверсия протекает в более слабых полях, нежели поперечная.

Однако все эти выводы сделаны, в основном, на основании чисто теоретических положений. Что касается опытных данных, то они крайне немногочисленны и не всегда достаточно убедительны. Поэтому экспериментальные работы, посвященные выяснению хотя бы некоторых сторон указанного процесса, представляют несомненный интерес.

В настоящей работе авторы имели возможность регистрировать путем записи на телеграфную ленту отдельные скачки Баркгаузена, а также записывать на фотопленку силу индукционного тока, вызываемого внезапными изменениями интенсивности намагничения в образце, при плавном и весьма медленном нарастании напряженности намагничающего поля.

Испытуемый образец, хорошо отожженный никель длиной  $l = 15$  мм и диаметром поперечного сечения  $d = 1$  мм, помещался внутрь исследательской катушки, которая в свою очередь помещалась внутри намагничающей катушки. Все исследования проводились при температуре  $18^\circ$ .

Плавное изменение напряженности магнитного поля производилось с помощью водяного реостата. Скорость изменения магнитного поля  $H$  изменялась в весьма широких пределах от 1 до 0,001 эрст/сек, что достигалось калиброванным краном, регулирующим скорость поступления воды в реостат.

Импульсы напряжения, возникающие на концах искательной катушки при скачкообразном изменении намагничения, подавались на вход четырехлампового усилителя, на выход которого включался счетчик и калибратор импульсов. Параллельно счетчику импульсов включался зеркальный гальванометр, отклонения которого фиксировались световым «зайчиком» на фотобумаге, укрепленной на врачающемся цилиндрическом барабане; последний помещался внутри непрозрачного полого цилиндра с узкой щелью вдоль его образующей. Барабан с укрепленной на нем фотобумагой приводился во вращение с помощью мотора Уоррена.

При напряженности поля, соответствующей 0, 2, 4 и т. д. эрстедам перед щелью фотокамеры дается световая вспышка, рассекающая магнитограмму серией ординат (<sup>7</sup>).

Чувствительность установки позволяла регистрировать скачки Баркгаузена, соответствующие областям спонтанного намагничения объема от  $1 \cdot 10^{-9}$  см<sup>3</sup> и более.

Кроме того, калибратор импульсов давал возможность в случае необходимости выделять скачки перемагничения в довольно узком интервале, домены которых отличаются друг от друга по объему не более чем на  $0,5 \cdot 10^{-9}$  см<sup>3</sup>.

Определение электродвижущей силы, развиваемой отдельными скачками, производилось путем сравнения с искусственными импульсами, равными как по величине (амплитуде), так и по продолжительности импульсам, получаемым от отдельных скачков перемагничения.

В процессе работы было обнаружено, что, помимо скачков Баркгаузена, соответствующих внезапному возрастанию интенсивности намагничения при плавном росте поля, существуют скачки обратные, соответствующие убыли вектора намагничения с ростом поля. Это явление мы назовем явлением обратной инверсии.

Следует отметить, что число обратных скачков довольно значительно и для никеля достигает примерно 35% от числа прямых скачков, причем явление обратной инверсии наблюдается как на девственной кривой, так и на кривой петли гистерезиса.

В табл. 1 даны числа прямых и обратных скачков, а также процентное отношение последних к первым для шести измерений. Подсчет велся для доменов, объемы которых лежат в интервале от  $1,8 \cdot 10^{-8}$  до  $2,0 \cdot 1,0^{-8}$  см<sup>3</sup>.

Таблица 1

№ измерений	Число прямых скачков	Число обратных скачков	%
1	627	157	25,0
2	641	226	35,0
3	630	218	34,6
4	629	201	32,0
5	640	222	34,8
6	638	224	35,0

Скорость нарастания поля  $dH/dt = 0,01$  эрст/сек.

На рис. 1 и 2 приведены магнитограммы фотозаписи показаний гальванометра для прямых и обратных скачков, причем вследствие выделения скачков одинаковой величины показания гальванометра будут, очевидно, пропорциональны  $dn/dt$ , где  $n$  — число скачков, или вследствие плавного нарастания поля будут также пропорциональны  $dn/dH$ .

Обратной инверсии в значительной мере, повидимому, способствуют токи Фуко, возникающие в этой части ферромагнетика при прямой инверсии в соседних доменах.

Следует отметить, что скачкообразные изменения механических моментов, приложенных к врачающемуся монокристальному никелевому шару, помещенному в однородное магнитное поле, также иногда носят характер, соответствующий скачкообразной убыли намагниченности, как это следует из опытов А. А. Баскакова и Н. Л. Брюхатова (8).

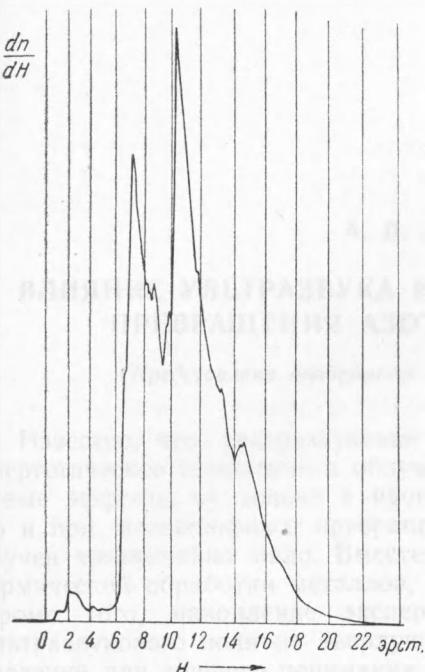


Рис. 1. Магнитограмма „прямых“ скачков вектора намагничения

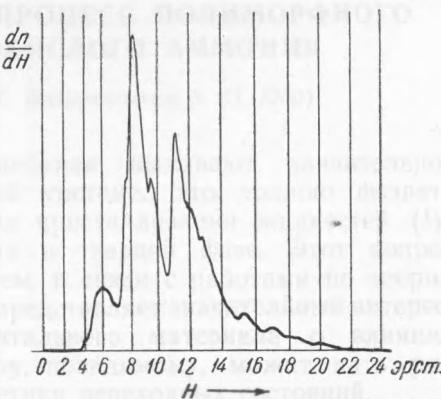


Рис. 2. Магнитограмма „обратных“ скачков вектора намагничения

В заключение считаем своим приятным долгом выразить благодарность проф. Н. С. Акулову за ряд ценных замечаний.

Красноярский государственный  
педагогический институт

Поступило  
1 XI 1950

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Н. С. Акулов, Ферромагнетизм, 1939. <sup>2</sup> Н. С. Акулов, Zs. f. Phys., **69**, 78 (1931). <sup>3</sup> Н. С. Акулов и Е. И. Кондорский, ЖЭТФ, **3**, 109 (1933).
- <sup>4</sup> Е. И. Кондорский, ЖЭТФ, **7**, 1117 (1937). <sup>5</sup> Е. И. Кондорский, ДАН, **15**, № 8 (1937). <sup>6</sup> С. В. Вонсовский и Я. С. Шур, Ферромагнетизм, 1948.
- <sup>7</sup> Л. В. Киренский, Изв. АН СССР, сер. физ., **12**, № 2 (1948). <sup>8</sup> А. А. Баскаков и Н. Л. Брюхатов, ЖЭТФ, **9**, 984 (1939).