

А. А. ГРАЧЕВ

О ДИСКРЕТНО-СПЛОШНОМ СПЕКТРЕ ИНДУКЦИИ ФЕРРОМАГНЕТИКА ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИИ

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 14 I 1950)

1. Хорошо известно, что в телефоне, присоединенном к обмотке, надетой на ферромагнитный сердечник, помещенный в монотонно изменяющееся магнитное поле, слышен шум (эффект Баркгаузена). Анализ этого шума спектральным (резонансным) прибором показывает, что спектр эдс индукции является сплошным.

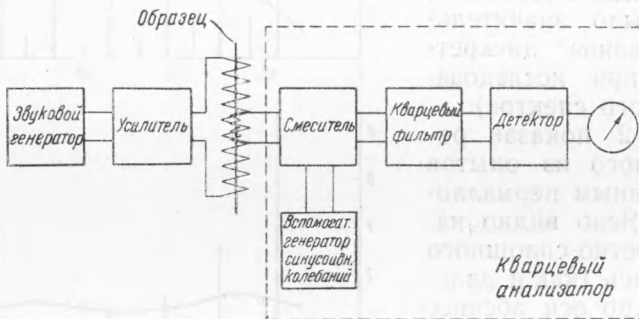


Рис. 1

Предположим теперь, что магнитное поле меняется периодически. Каким будет при этом спектр индукции? (Для выяснения его характера необходим спектральный прибор с временем установления достаточно большим по сравнению с периодом изменения магнитного поля.) Этот вопрос, насколько нам известно, до сих пор не подвергался экспериментальному исследованию.

Заранее можно сделать два предположения:

а) Перемагничивание отдельных доменов начинается при строго определенных значениях поля и строго одинаково протекает во времени. В этом случае

$$B(t) = f[H(t)]$$

(f — двузначная функция, описывающая петлю гистерезиса) есть периодическая функция того же периода, что $H(t)$.

б) Перемагничивание отдельных доменов начинается не при строго определенном значении поля и (или) не строго одинаково протекает во времени. В этом случае функция $B(t)$ не является периодической.

Если верно предположение а), спектр $B(t)$, а следовательно, и

спектр эдс индукции должен быть дискретным, как бы ни была сложна доменная структура. Если верно предположение б), спектр

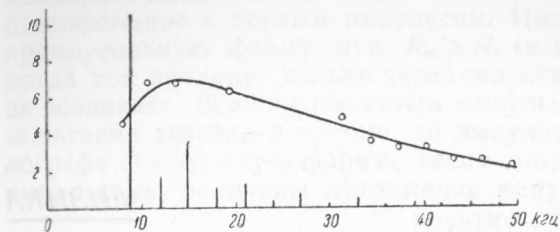


Рис. 2

$B(t)$, а следовательно, и эдс индукции, как показывает математический анализ, должен состоять из дискретных линий на фоне сплошного спектра (дискретно-сплошной спектр). Спектральная плотность в сплошном спектре тем больше, чем больше „разброс“ временного хода циклов перемагничивания.

Как здесь показано, опыт подтверждает второе предположение.

2. Измерения проводились на установке, блок-схема которой показана на рис. 1. Кварцевый фильтр имел полосу пропускания 15 гц при собственной частоте 10^9 гц. Он позволял исследовать спектр эдс индукции в интервале от 4 до 50 кГц. Частота перемагничивания в наших опытах была 3000 гц (столь большая частота была необходима для того, чтобы не было значительного „пролезания“ дискретных линий при исследовании сплошного спектра).

На рис. 2 показан результат одного из опытов с неотожженным пермаллоем при 20° . Ясно видно наличие дискретно-сплошного спектра. Здесь (как и дальше, рис. 3) по оси абсцисс отложены частоты в кГц, по оси ординат — спектральная плотность сплошного спектра (в условных единицах), а также интенсивность дискретных линий (в других условных единицах).

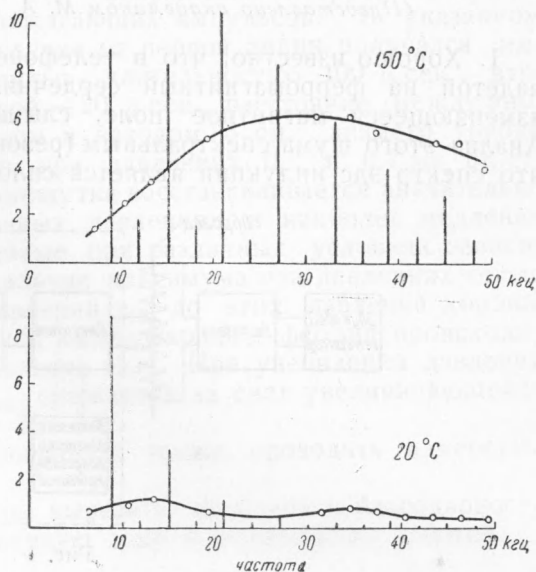


Рис. 3

Из сказанного выше следует, что наличие сплошного спектра при периодическом $H(t)$ есть эффект, отличный от эффекта Баркгаузена (наличия шума — а следовательно, и сплошного спектра — при монотонном изменении H). Это становится еще более ясным при рассмотрении спектра индукции, возникающем при циклическом перемагничивании материала с „прямоугольной“ петлей гистерезиса, где перемагничивание происходит одним большим скачком.

Такой материал был приготовлен из углеродистой стали по методу М. В. Дехтяра⁽¹⁾ и по его указаниям. Он также дает при циклическом перемагничивании эдс индукцию, обладающую дискретно-сплошным спектром. Полученные на опыте с одним из образцов дискретно-сплошные спектры при температурах 20 и 150° показаны на рис. 3. Наличие сплошной части спектра позволяет утверждать, что нами обнаружен статистический разброс процессов распространения повторных волн перемагничивания.

3. Работы Е. Я. Пумпера (2) показали, что измерение собственных электрических флуктуаций в металлах является ценным методом исследования их свойств. Для исследования свойств ферромагнитных металлов не меньшее значение может иметь исследование сплошного спектра, обусловленного флуктуациями в ходе вынужденного процесса — циклического перемагничивания.

Выражаю глубокую благодарность проф. Г. С. Горелику, предложившему тему настоящей работы, а также З. И. Каменевой за приготовление образцов из углеродистой стали.

Физико-технический институт
Горьковского государственного университета

Поступило
14 I 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ М. В. Дехтяр, ДАН, 69, 527 (1949). ² Е. Я. Пумпер, ДАН, 68, 277 (1949).