

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУХЧАСТОТНОГО НАМАГНИЧИВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КРИВОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ

Б. Б. ВИНОКУРОВ, И. Г. ЛЕЩЕНКО

(Представлена научно-техническим семинаром кафедры информационно-измерительной техники)

Применение двух переменных магнитных полей для намагничивания ферромагнетика имеет ту особенность, что процесс перемагничивания сопровождается возникновением частных циклов, форма и расположение которых на низкочастотном гистерезисном цикле определяются соотношением частот, амплитуд, а в ряде случаев и фаз намагничивающих полей [1]. Появление частных циклов связано с наличием в кривой суммарного поля периодически чередующихся максимумов и минимумов.

Анализ процесса перемагничивания ферромагнетика в сложном поле [2] позволил путем разложения в ряд Фурье получить полное выражение э.д.с. измерительной обмотки датчика. Из него следует, что на выходе двухчастотного трансформаторного датчика имеет место сложный сигнал, в состав которого входят низкочастотная и высокочастотная составляющие. Ограничиваясь рассмотрением одних лишь высокочастотных составляющих, можно заметить, что амплитуды отдельных гармоник не остаются постоянными, а модулируются по вполне определенному закону с двойной частотой низкочастотного поля. Характер огибающих определяется как свойствами перемагничиваемого ферромагнетика, так и абсолютными значениями параметров намагничивающих полей и их соотношением.

Выделим из всего спектра составляющую, изменяющуюся с частотой возбуждающего высокочастотного поля. Ее огибающая согласно [2] имеет вид

$$U_{m\Omega}^{1\omega}(t) = W_2 S \left[\frac{\mu_3(t) + \mu_r(t)}{2} \omega H_{m\omega} + \frac{\mu_3(t) - \mu_r(t)}{\pi} \Omega H_{m\Omega} \cos \Omega t \right], \quad (1)$$

где ω , Ω , $H_{m\omega}$, $H_{m\Omega}$ — соответственно частоты и амплитуды высокочастотного и низкочастотного возбуждающих полей,

$\mu_3(t)$ — «эквивалентная проницаемость возрастания», физический смысл которой рассмотрен в [1], $\mu_r(t)$ — временная зависимость обратной проницаемости. Для временной зависимости $\mu_3(t)$ справедливо выражение

$$\mu_3(t) = \mu_d(t) - \frac{\Delta H_-(t)}{\Delta H_+(t)} [\mu_d(t) - \mu_r(t)]. \quad (2)$$

В этом выражении

$\mu_d(t)$ — дифференциальная динамическая проницаемость,
 $\Delta H_-(t)$ и $\Delta H_+(t)$ — соответственно отрицательное и положительное
 приращения суммарного поля за период низко-
 частотного.

Анализ выражения (2) показывает, что «эквивалентная проницаемость возрастания» может принимать значения дифференциальной или обратной проницаемостей, либо значения, лежащие между ними (рис. 1).

Интерес представляет случай намагничивания ферромагнетика полями, параметры которых удовлетворяют неравенству $\pi\Omega H_{m\Omega} > 2H_{m\omega}\omega$ (3).

Для области, где выполнено это неравенство, на низкочастотной петле гистерезиса существуют области, свободные от частных циклов. Поэтому в выражение (1) огибающей первой гармоники необходимо вместо $\mu_3(t)$ и $\mu_r(t)$ подставлять $\mu_d(t)$. По этой причине второе слагаемое в (1) обращается в нуль, а

$$U_{m\Omega}^{(1\omega)}(t) = W_2 S \omega H_{m\omega} \cdot \mu_d(t). \quad (4)$$

Чем сильнее указанное выше неравенство, тем меньшую роль играет второе слагаемое в формировании огибающей первой гармоники, тем больше ее форма напоминает временную зависимость дифференциальной динамической проницаемости. При этом, однако, не следует забывать что чрезмерное увеличение неравенства (3) приводит к уменьшению общего уровня выходного сигнала.

При постоянстве коэффициентов перед $\mu_d(t)$ в выражении (4) для получения временной зависимости дифференциальной проницаемости

достаточно выделить огибающую первой гармоники. Реализацию этого метода может быть осуществлена установкой, блок-схема которой приведена на рис. 2.

Ферромагнитный образец перемещается в двух переменных магнитных полях, источниками которых являются генераторы Γ_ω и Γ_Ω . Измерительная обмотка W_2 подключена к избирательному

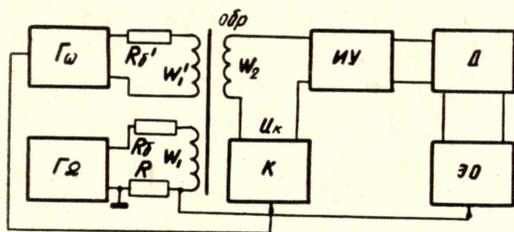


Рис. 2. Блок-схема экспериментальной установки

усилителю, настроенному на основную гармонику высокочастотного возбуждающего поля. Амплитудно-модулированный сигнал с выхода усилителя детектируется линейным детектором и подается на вертикальный вход электронного осциллографа. Для компенсации начальной составляющей первой гармоники, обусловленной неидеальностью коэффициента заполнения катушки, служит компенсирующее устройство с отдельной регулировкой фазы и модуля компенсирующего напряжения. При работе осциллографа в режиме развертки на экране

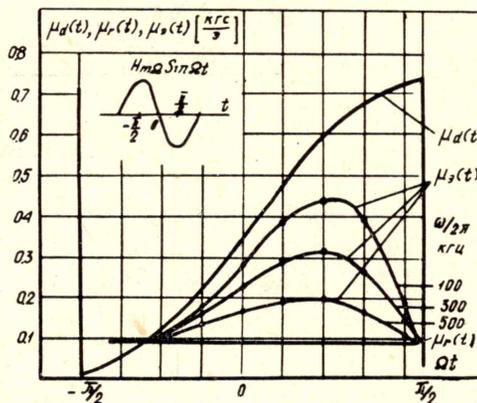


Рис. 1. Зависимость проницаемости $\mu_3(t)$ от частоты высокочастотного намагничивающего поля для $H_{m\Omega} = 10 \text{ э}$

имеет место временная зависимость дифференциальной динамической проницаемости. В случае питания горизонтальных пластин от опорного сигнала — зависимость $\mu_d(t) = F(H)$.

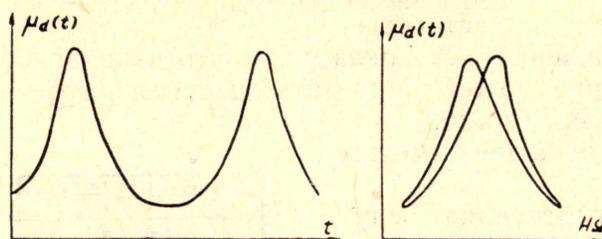


Рис. 3

Исследования проводились при частотах возбуждающих полей $\Omega/2\pi = 50$ гц и $\omega/2\pi = 10$ кгц \div 200 кгц. В качестве примера можно привести кривую дифференциальной динамической проницаемости, показанную на рис. 3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Б. Винокуров, И. Г. Лещенко. Исследование закономерностей двухчастотного намагничивания ферромагнетиков. Сб. «Многопараметрический индуктивный контроль качества деталей машин методом высших гармоник». Киев, РДНТП, 1972.
2. Б. Б. Винокуров, И. Г. Лещенко. Теоретическое исследование метода двухчастотного намагничивания ферромагнетиков. Сб. докладов I Всесоюзной межвузовской конференции по электромагнитным методам контроля качества материалов и изделий. ч. II, М., Ротапринт МЭИ, 1972.