

## ВТОРАЯ ГАРМОНИКА ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СЛОЖНОГО ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ПОЛЯ И ЕЕ СВЯЗЬ С ЭФФЕКТОМ БАРКГАУЗЕНА

А. М. ГРУЗНОВ, И. Г. ЛЕЩЕНКО

(Представлена научным семинаром факультета автоматики и вычислительной техники)

При изучении поведения ферромагнетика в сложном пульсирующем поле [1] мы столкнулись с явлением, которое, по-видимому, еще не описано в литературе.

В соленоид, подключенный к сети через ЛАТР-2 (рис. 1), помещается ферромагнитный образец с двумя короткими катушками в средней части. В одну из катушек в режиме генератора тока подается высокочастотный сигнал от генератора ГЗ-7А, посредством фильтра — пробки лишенный второй гармоники. Вторая катушка подключена ко входу селективного вольтметра В6-1, настроенного на удвоенную частоту генератора, а сигнал с выхода усилителя вольтметра поступает на осциллограф С1-19.

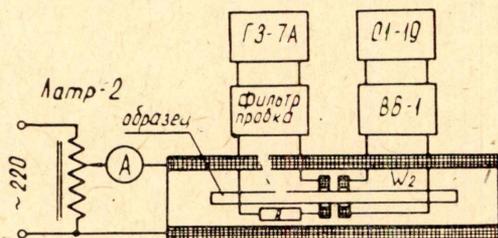


Рис. 1. Блок-схема эксперимента

Необходимо сразу отметить, что в рассматриваемом случае высокочастотное поле на много порядков меньше низкочастотного:

$$H_{вч} \ll H_{нч}$$

в отличие от условий, в которых работают магнитные усилители с выходом по второй гармонике и феррозонды:

$$H_{вч} \gg H_0,$$

где  $H_0$  — постоянная составляющая поля.

Описанная выше схема позволяет наблюдать следующее:

1. Вторая гармоника на выходе селективного вольтметра появляется при подмагничивании только ферромагнитного образца и только переменным полем. Подмагничивание постоянным полем, равно как и отсутствие всякого подмагничивания, не приводит к появлению второй гармоники.

2. Амплитуда второй гармоники не остается постоянной, а изменяется по периодическому закону, который становится более сложным с увеличением амплитуды подмагничивающего поля (рис. 2).

3. При подмагничивающих полях, приводящих образец к насыщению, в картине второй гармоники появляются паузы, соответствующие насыщенному состоянию.

4. Если выключить высокочастотный генератор и на несколько порядков увеличить чувствительность вольтметра, то на экране осциллографа появится картина магнитных шумов. Магнитные шумы совпадают со второй гармоникой во времени и по форме огибающей.

Из пунктов 1, 3, 4 с очевидностью вытекает существование связи между второй гармоникой и эффектом Баркгаузена.

Наше объяснение причины возникновения второй гармоники основано на дискретном характере намагничивания. При циклическом перемагничивании в любой момент времени, за исключением времени пребывания в насыщенном состоянии, в ферромагнетике существуют домены, которым низкочастотное поле хотя и сообщило энергию  $\Delta E$ , но эта энергия еще меньше той, при которой начинаются необратимые процессы смещения границ рассматриваемых доменов, на величину  $\Delta \Delta E$ . Вот эту недостающую энергию и приносит в ферромагнетик та полуволна высокочастотного поля, которая совпадает по направлению с низкочастотным. Для другой полуволны высокочастотного поля в ферромагнетике уже нет слегка «недовозбужденных» в соответствующем направлении доменов, и поэтому вызываемое ею изменение намагниченности будет меньше, чем за предыдущий полупериод. Появляющаяся несимметрия высокочастотной составляющей намагниченности относительно оси времени и вызывает появление второй гармоники.

Если огибающая второй гармоники носит четко выраженный характер, то об огибающей магнитного шума можно говорить лишь условно, ибо амплитуда шума в любой момент времени слегка меняется вокруг среднего значения по случайному закону.

Эти вариации объясняются двумя причинами:

1. При циклическом перемагничивании величина каждого скачка, его местоположение в образце, его критическое поле не повторяются от цикла к циклу [2].

2. Селективный вольтметр представляет собой узкополосный фильтр, на вход которого подается напряжение шума. Известно [3], что мгновенное напряжение на выход этого фильтра будет осциллировать с частотой  $f_0$ , примерно равной центральной частоте фильтра, огибающая напряжения флюктуировать с частотой, близкой к половине полосы пропускания  $\Delta f$  фильтра. Селективный вольтметр В6-1 имеет две дискретные полосы пропускания 10 и 1 кГц, т. е. период флюктуаций должен составлять соответственно 0,2 и 2,0 мсек. По нашему мнению, вторая причина является доминирующей и состоит в том, что флюктуационные максимумы находятся в непрерывном движении от цикла к циклу. Здесь важно подчеркнуть то, что «рваный» характер огибающей магнитных шумов вызывается в основном измерительной схемой.

Мгновенные значения и огибающая второй гармоники не зависят от полосы пропускания. Можно на этом основании сделать предположе-

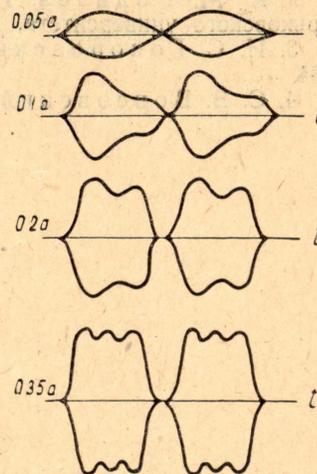


Рис. 2. Зависимость огибающей второй гармоники от величины тока подмагничивания

ние, что домены, ответственные за вторую гармонику, имеют спектр, лежащий выше частоты генератора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л. И. Рабкин. Высокочастотные ферромагнетики, физматгиз, 1960.
  2. А. М. Родичев. Известия высших учебных заведений, т. 4, вып. 3. Изд. Горьковского университета, 1961.
  3. И. С. Гоноровский. Радиотехнические цепи и сигналы, «Советское радио», 1964.
  4. С. В. Вонсовский и Я. С. Шур. Ферромагнетизм, М.-Л., Гостехиздат, 1948.
-