

В. П. РЕПИН, А. В. ЯКИМЕНКО
(Новосибирск)

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ИМПУЛЬСНЫХ УСКОРЕНИЙ

Измерение импульсных ускорений — важная техническая задача. Основные источники импульсных ускорений — это соударения твердых тел, взрывы и т. п. Длительность импульсных ускорений обычно составляет сотни микросекунд, реже десятки или тысячи. Величина ускорений при ударах и взрывах обычно лежит в пределах от нескольких сотен до нескольких тысяч g , иногда десятков тысяч. Обычно требуется определять величину импульса — пиковое значение, иногда форму.

Основным прибором, служащим для измерения импульсных ускорений, является пьезодатчик. Датчики, построенные на пьезоэффекте, обладают широким динамическим диапазоном и высокой собственной частотой. К сожалению, высокое выходное сопротивление датчика не позволяет использовать их, если датчик и регистрирующий прибор удалены друг от друга на значительное расстояние. В этом случае чаще всего применяют датчики крешерного типа, принцип действия которых основан на пластической деформации [1]. Однако использование их неудобно и не всегда возможно, так как для оценки импульса ускорения необходимо разобрать датчик, вытащить прокладку, чаще всего свинцовую, и измерить размеры остаточного кратера. Кроме того, очевидно, информацию об измеряемом импульсе ускорения мы получаем не одновременно с действием импульса. Это накладывает некоторые ограничения на использование датчиков подобного типа.

Перспективными при измерении импульсных ускорений, на наш взгляд, являются устройства, построенные на эффекте размагничивания постоянных магнитов под действием удара.

Известно, что ферромагнитные тела состоят из областей самопроизвольного намагничивания — доменов. Векторы намагниченности каждого домена I_s ориентированы беспорядочно. При наложении на ферромагнит постоянного магнитного поля векторы намагниченности ориентируются, тело намагничивается. Чтобы размагнитить образец, необходимо либо снова наложить поле, но другой полярности, либо подействовать на тело механическим напряжением.

Под действием механического напряжения происходит смещение границ между доменами (домены, находящиеся в более выгодном энергетическом отношении, растут за счет окружающих доменов). Под действием механического напряжения векторы намагниченности доменов поворачиваются в направлении, энергетически более выгодном. Таким образом, под влиянием упругой деформации изменяется форма кристаллической решетки ферромагнитного материала и ориентация вектора самопроизвольной намагниченности I_s областей в решетке. Это явление определяется магнитными силами взаимодействия атомов в кристаллической решетке.

Устойчивые направления I_s обусловлены энергией магнитной анизотропии кристалла, энергией внешнего магнитного поля и магнитоупругой энергией. Изменение кристаллической решетки намагниченного ферромагнитного тела будет влиять на его намагниченность.

Между изменением размеров ферромагнитного тела в направлении действия внешнего намагничивающего поля H и изменением индукции B под действием внешних механических напряжений σ существует зависимость [2]

$$\frac{1}{l} \frac{\Delta l}{\Delta H} = \frac{1}{4\pi} \frac{\Delta B}{\Delta \sigma}$$

В нашем случае, когда образец намагничен и на него действует только сила F , формулу можно переписать так:

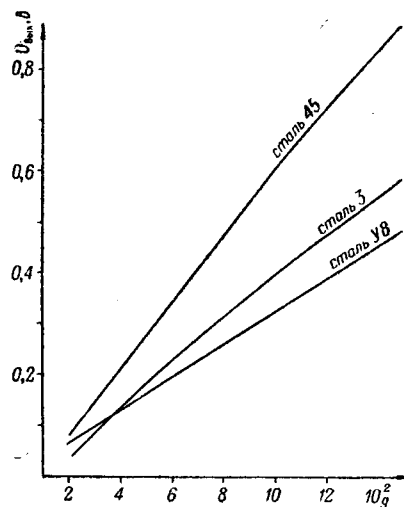
$$\Delta B = \frac{\varepsilon m}{4\pi H_c S} a,$$

где $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ — относительное изменение размеров образца под действием инерционной силы $F=ma$; H_c — коэрцитивная сила; S — площадь поперечного сечения образца.

Для экспериментальной проверки полученных выводов был использован датчик, состоящий из магнита весом 400 г с площадью поперечного сечения 8 см², на который надета и жестко закреплена катушка с проводом (число витков 240). Под действием ускорения (удара) изменяется остаточная индукция магнита, что вызывает изменение

магнитного потока, сцепленного с катушкой. В катушке наводится э. д. с., пропорциональная скорости изменения магнитного потока. Для того чтобы сигнал был пропорционален действующему ускорению, ставится интегрирующая цепочка RC . Из формулы видно, что размагничивающий фактор от удара будет больше у магнитов с малой коэрцитивной силой. Поэтому для целей измерения наиболее подходящими будут магниты из простой углеродистой стали, у которых начальная остаточная индукция достаточно велика, не меньше, чем у стали более высокого качества (сталь, содержащая 1% углерода, имеет начальную остаточную индукцию 10^4 гс), но коэрцитивная сила мала — всего около 40 э. Результаты экспериментов со сталью 3, сталью 45, сталью У8 отражены на рисунке. Видно, что наибольшему размагничиванию подвержена сталь с большим содержанием углерода — сталь 45. Зависимость выходного сигнала от амплитуды действующего ускорения в пределах измерения линейная. Для приведения датчика в рабочее состояние (при многократных измерениях) на катушку подается импульс тока, который намагничивает магнит до первоначального состояния.

Датчик, основанный на эффекте размагничивания постоянных магнитов, позволит измерять импульсы ускорения в широком динамическом диапазоне ($10-10^5$ g) при расстоянии между датчиками и измерительным прибором до 1000 м.



ЛИТЕРАТУРА

1. А. С. Жмур, В. С. Ильинский, В. П. Ненюков. Акселерометры одиночного действия.— Измерительная техника, 1962, № 12.
2. К. П. Белов. Упругие, тепловые и электрические явления в ферромагнетиках. М., Гостехиздат, 1957.

Поступило в редакцию
27 марта 1969 г.

УДК 681.14(088.8)

М. Ф. ЗАРИПОВ, М. А. УРАКСЕЕВ
(Ташкент)

БЕСКОНТАКТНОЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ МНОЖИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

В системах контроля и управления сложными технологическими процессами для обработки информации от первичных преобразователей широко используются электро-механические множительные устройства [1]. Главным недостатком подобных устройств является наличие контактов и, как следствие, низкая надежность и точность измерений.

В последние годы был создан ряд новых бесконтактных электро-механических множительных устройств, выполненных на базе преобразователей с распределенными электрическими и магнитными параметрами [2, 3].

Авторами разработаны бесконтактные электро-механические множительные устройства [4], на выходе которых э. д. с. пропорциональна произведению координат подвижных элементов.

На рис. 1 показана одна из конструкций множительных устройств. Неподвижный образный магнитопровод устройства состоит из \square -образной части I и