

Поступило в редакцию
1 апреля 1968 г.

УДК 531.768

Л. Д. ГИК, Г. П. АРНАУТОВ, А. В. ЯКИМЕНКО

(Новосибирск)

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИБРОДАТЧИКОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИМПУЛЬСНЫХ ИСПЫТАНИЙ

При испытании ударных акселерометров обычно применяются ударные устройства: баллистические маятники или стенды с падающим молотом [1]. По отклику испытываемого датчика, зная ускорение, возникающее при ударе, определяют его чувствительность, резонансную частоту и успокоение. Точно так же можно испытать и вибродатчики, работающие в режиме виброметра. Поскольку у виброметра две границы частотного диапазона — сверху и снизу, то в этом режиме для датчика необходимо определять, кроме собственной частоты колебаний, верхнюю граничную частоту, а также горизонтальность частотной характеристики в интервале между этими частотами.

Для однозначной оценки свойств вибродатчика испытательный импульс должен удовлетворять определяемым ниже требованиям. Длительность ударного импульса влияет на крутизну фронта импульсной реакции вибродатчика. Чем короче импульс, тем точнее выходной сигнал датчика соответствует его импульсной характеристике, спектр которой дает частотную характеристику. Оценим максимальную величину длительности импульса, при которой частотная характеристика датчика может быть найдена простым преобразованием Фурье без дополнительных поправок. Для решения этой задачи можно воспользоваться спектральным разложением импульсов [2]. Действительно, импульс будет пригоден для исследования частотной характеристики датчика, если его спектр равномерен в той области частот, в которой должно быть проведено испытание. Если спектральная плотность импульса характеризуется выражением $S(f, \tau)$, где τ — длительность импульса, а f — текущая частота, то допустимую длительность импульса можно определять из неравенства

$$\frac{S(0, \tau) - S(f_v, \tau)}{S(0, \tau)} < \delta. \quad (1)$$

Здесь $S(0, \tau)$ и $S(f_v, \tau)$ — значения спектральной плотности на нулевой и на верхней граничной частоте интересующего нас диапазона; δ — допустимая погрешность определения частотной характеристики в этом частотном диапазоне. Неравенство (1) нужно решить для импульсов, представляющих практический интерес при испытании вибродатчиков. Наибольший интерес представляют три формы импульсов: полусинусоидальный (при механическом ударе), квадрат полусинусоиды (такой импульс весьма близко отражает нелинейный механический удар) и квадрат затухающей синусоиды (силовой импульс, близкий к такой форме, может иметь место при возбуждении электродинамического удара без специального формирования [3]). Решение уравнения (1) для трех названных импульсов представлено графически на рис. 1, где 1 — кривая, соответствующая полусинусоидальному импульсу; 2 — решение для импульса

вида квадрата полусинусоиды и 3 — то же, для импульса вида $e^{-\frac{2\pi\beta t}{\tau}} \sin^2 \frac{\pi}{\tau} t$.

В последнем случае длительностью импульса считаем полупериод затухающей синусоиды. Как видно из рисунка, максимальная длительность импульса при механических ударах должна быть не более $\tau < \frac{0,25}{f_v}$ при испытании с погрешностью $\delta = 5\%$

пытали с этим же погрешности на электродинамическом ударном устройстве собственная частота разрядного контура должна быть не менее $f_0 = (4f_B \div 1,3f_B)$ при $\beta = 0,3$ и $f_0 = (16f_B \div f_B)$ при $\beta = 0,05$.

Оценим, какие длительности импульсов можно реально получить. В принципе, как это следует из теории удара [4], можно создать ударные импульсы весьма малой

длительности. Например, при ударе стального шара диаметром 5 мм с начальной скоростью 1 м/сек о массивную плоскую поверхность, являющуюся в нашем случае наковальней с закрепленным на ней вибродатчиком, длительность по расчету равна 16 мксек. Длительность удара можно сократить, уменьшая массу шара. Однако практически изменение этих параметров ограничено. При малой массе шара вибродатчик получает малый импульс силы. Поэтому уменьшение массы ограничено порогом чувствительности вибродатчика. Например, для массы наковальни с датчиком в 1 кг при чувствительности датчика

0,1 в/см/сек масса шара должна быть не менее 1 г, чтобы получить сигнал порядка 1 мв, чего достаточно при работе с широко распространенными измерительными устройствами. Длительность удара стального шара при этом будет составлять 11 мксек. Увеличение начальной скорости может привести к появлению остаточной деформации в точке соударения. Изменение радиуса в точке контакта соударяющихся тел ограничивается тем, что при сильном изменении конфигурации тела трудно совместить его центр тяжести с осью удара. От упругих констант тел длительность их удара зависит в степени 0,4. Поэтому если даже контактирующие поверхности вы-

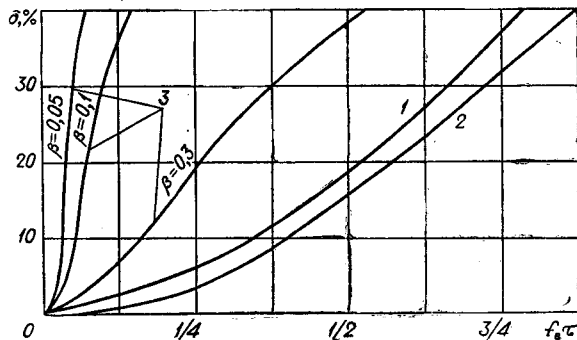


Рис. 1.

полнены из материала с упругими свойствами лучших сортов стали, то по сравнению с дюралюминием длительность удара уменьшается не более чем в 1,6 раза.

На рис. 2 показана зависимость длительности импульса ускорения от начальной скорости, полученная для дюралюминиевого (1) и бронзового (2) шаров. Дюралюминиевый (марки Д16-Т) и бронзовый (марки БрМц9-2) шары имеют один и тот же диаметр 3 см и ударяются о стальной закаленный цилиндр диаметром 9,5 см и длиной 10,5 см, который имеет нулевую начальную скорость. Пунктиром отмечены расчетные кривые для этих шаров. Результаты экспериментов показывают, что можно сравнительно легко получить ударные импульсы длительностью порядка нескольких десятков микросекунд.

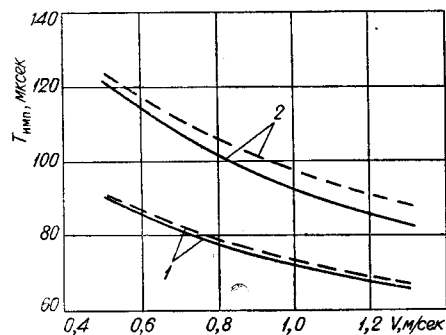


Рис. 2.

Еще большие возможности имеют электродинамические ударные устройства [3]. Длительность импульса определяется собственной частотой разрядного контура, которую можно сделать порядка нескольких сотен килогерц и даже выше. В этом случае можно определить с погрешностью 5% частотные характеристики вибродатчика до частоты 40 кГц и выше. Если учесть, что обычно при определении высших резонансов достаточно измерения с погрешностью 10—30%, то практически электромагнитные выталкивающие устройства позволяют определить параметры всех существующих типов датчиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. И. Иорш. Виброметрия. М., Машгиз, 1963.
2. А. А. Харкевич. Спектры и анализ. М., Физматгиз, 1962.
3. Градуировка ударных акселерометров.— Экспресс-информация, «Испытательные приборы и стенды», 1968, № 36.
4. В. Гольдсмит. Удар. М., Госстройиздат, 1965.

Поступило в редакцию
27 декабря 1968 г.

УДК 62—506.2

М. С. ХАЙРЕГДИНОВ

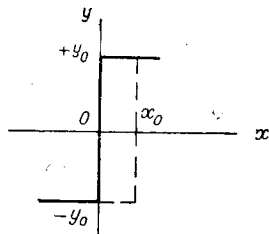
(Новосибирск)

К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕРЕНИИ РАЗНОСТИ ДЛИТЕЛЬНОСТЕЙ ФРОНТОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ

За последнее время в электроэнцефалографии много внимания уделяется вопросам измерения разности длительностей восходящего и нисходящего фронтов энцефалограммы [называемого иногда измерением разности длительностей фронтов (ИРДФ)], как вполне определенному информативному параметру [1, 2].

Так как среднее значение этой разности за время измерения сравнительно невелико (порядка 12% по отношению к среднему периоду колебания [2]), то вопросы точности автоматического измерения [1] на аналоговых машинах имеют здесь первостепенное значение.

Задача об оценке погрешностей ИРДФ сводится в основном к учету нестабильности порога ограничения x_0 для клиппирующего устройства (см. характеристику рисунка), которое как обязательный элемент присутствует в схеме ИРДФ [1].



Пусть на входе клиппирующего устройства действует узкополосный стационарный случайный нормальный процесс $x(t)$ с математическим ожиданием, равным нулю, среднеквадратическим отклонением σ и средней частотой ω_0 . Корреляционная функция процесса на выходе клиппирующего устройства имеет вид [3] $B(\tau) = B_{\pm} + B_0(\tau) + B_1(\tau) + Q(\tau)$, где B_{\pm} — постоянная составляющая корреляционной функции; B_0 — корреляционная функция составляющих процесса в области видеоспектра (т. е. спектра, лежащего в области намного ниже ω_0); $B_1(\tau)$ — корреляционная функция составляющих процесса в области ω_0 .

$Q(\tau)$ — корреляционная функция составляющих процесса в области высокочастотного спектра около четных и нечетных гармоник частоты ω_0 .

В дальнейшем нас будет интересовать соотношение мощностей процессов в области видеоспектра и в области частоты ω_0 , поэтому примем $\tau=0$. С учетом этого и [3]

$$\frac{B_0(0)}{B_1(0)} = \frac{\sum_{k=1}^{\infty} H_{2k-1}^2 \left(\frac{x_0}{\sigma}\right) \frac{(2k)!}{2^{2k}}}{\sum_{k=1}^{\infty} H_{2k-2}^2 \left(\frac{x_0}{\sigma}\right) \frac{(2k-1)!}{2^{2k-2}}}, \quad (1)$$

где $H_{2k-1} \left(\frac{x_0}{\sigma}\right)$, $H_{2k-2} \left(\frac{x_0}{\sigma}\right)$ — полиномы Эрмита соответствующего порядка.

Вычисления выражения (1) показывают, что при $0 \leq \frac{x_0}{\sigma} \leq 1$ (практический смысл