

## МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ СПЕКТРОВ ВИБРАЦИИ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ МОЛОТКОВ

В. Ф. ГОРБУНОВ, В. И. БАБУРОВ, А. И. ПАШНИН, Ю. А. ОПАРИН,  
А. Ф. КОЗЛОВ

Вибрация пневматического молотка представляет собой сложный колебательный процесс, вызванный действием на корпус молотка нескольких сил [8]. До сих пор исследователей интересовали в основном составляющие вибрации — смещение, скорость, ускорение. Необходимость оценки пневматических молотков по санитарным нормам [5] ставит вопрос о получении спектров вибрации. В данной работе рассматриваются вопросы аппаратурного анализа спектра колебаний пневматических молотков.

В общем случае виброизмерительный прибор состоит из преобразователя, функциональной цепи и регистрирующего прибора. Нашими исследованиями установлено, что из известных конструкций преобразователей [3, 4] для измерения вибрации пневматических молотков наиболее применимы индуктивные и магнитоэлектрические датчики несейсмического типа. Они обладают высокой чувствительностью, мало подвержены влиянию механического износа и температуры.

Индуктивный преобразователь представляет собой катушку (рис. 1) с измерительной 3 и генераторной 4 обмотками. Связь между обмотками трансформаторная, причем коэффициент трансформации изменяется с изменением положения сердечника внутри катушки. Генераторная обмотка питается током высокой частоты. Чаще всего применяется частота питания 10—15 кГц [2, 4]. Достоинство индуктивного преобразователя состоит в том, что чувствительность его находится в линейной зависимости от питающего напряжения и для данного датчика может регулироваться.

Магнитоэлектрический преобразователь (рис. 2) состоит из соленоида 2 и магнита 3 внутри него. Этот преобразователь является генераторным. Чувствительность конкретного датчика постоянна и может быть изменена с помощью числа витков обмотки.

Так как индуктивный преобразователь позволяет измерять смещение, а магнитоэлектрический — скорость, при необходимости получить другие характеристики вибрации указанные преобразователи следует подключать к дифференцирующим и интегрирующим цепям.

По принципу разложения колебаний анализаторы разделяются на приборы с последовательным и одновременным анализом [9]. Так как колебательный процесс пневматического молотка не строго периодичес-

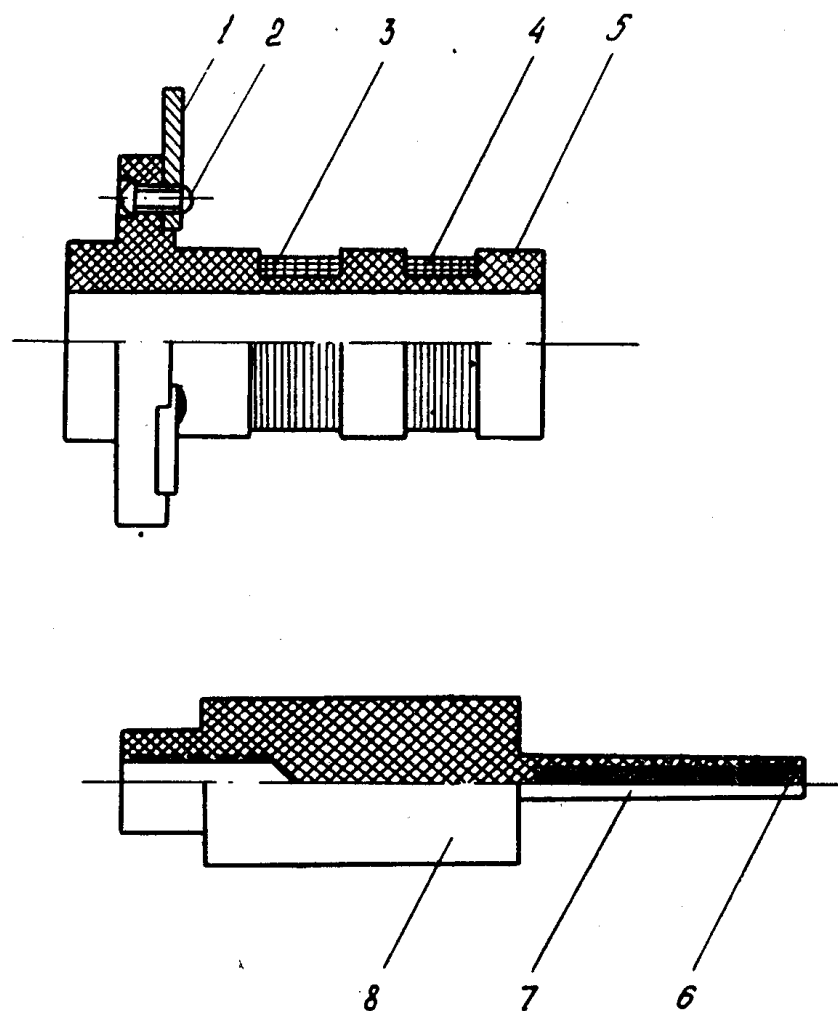


Рис. 1. Индуктивный датчик: 1 — контактный лепесток, 2 — заклепка, 3 — измерительная обмотка, 4 — генераторная обмотка, 5 — каркас, 6 — пробка, 7 — ферритовый стержень, 8 — оправка

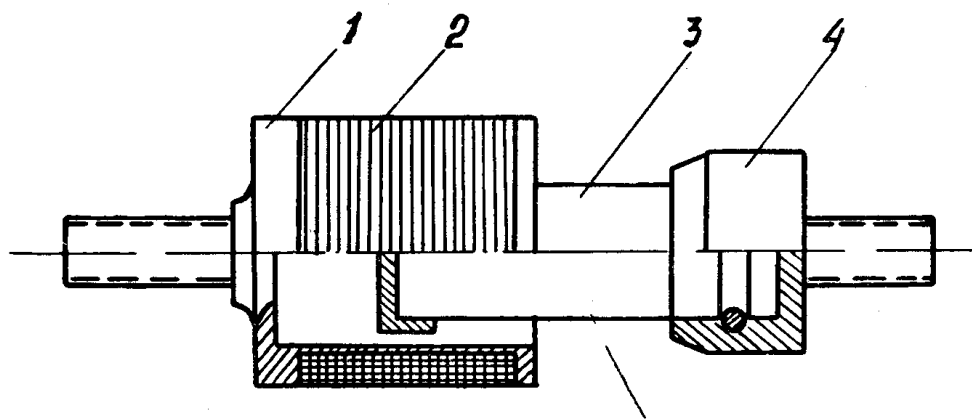


Рис. 2. Магнитоэлектрический датчик: 1 — корпус, 2 — обмотка, 3 — магнит, 4 — оправка

кий, то для разложения колебаний нужно применять спектрометры с одновременным анализом. При этом спектр колебания наблюдается на экране анализатора, фотографируется с последующим получением спектрограмм.

Спектр пневматического молотка для наиболее устойчивых режимов [8] можно получить и с помощью анализатора с последовательным анализом. Сигнал датчика можно подавать непосредственно на спектрометр или предварительно записывать на магнитную ленту, что более удобно и универсально. Записанный таким образом сигнал сохраняется неограниченно долго. При этом появляется возможность выполнить последовательно грубый и тонкий анализ. Предпочтителен анализатор с октавными фильтрами. Этому требованию отвечают спектрометры типа СИЧ, СЗЧ, FS<sub>p</sub> 10а, фирмы «Брюль и Кер». Спектрометр FS<sub>p</sub> 10а обладает преимуществами по сравнению с другими, так как у него имеются два блока, позволяющие анализировать процесс в полосах частот 4—200 гц и 40—20 000 гц. Кроме того, этот спектрометр четвертьоктавный, т. е. можно производить тонкий анализ.

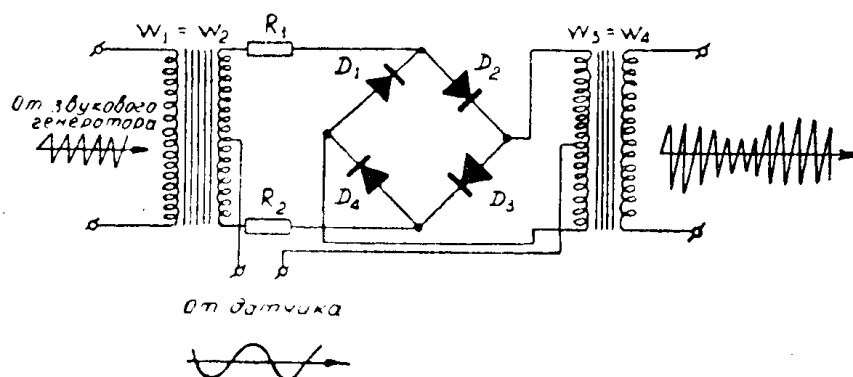


Рис. 3. Схема модулятора

При применении магнитофона, как средства предварительной записи, для получения спектра колебаний пневматических молотков необходимо учесть некоторые особенности этого метода получения спектра.

Серийно выпускаемые магнитофоны имеют диапазон частот 40—10 000 гц [7], что не полностью охватывает динамический диапазон ручных пневматических молотков [1]. Необходимо расширение частотного диапазона магнитофона в область низких частот. Это достигается применением специальных типов магнитной пленки (например, тип 6), увеличением скорости протягивания до 19 и 38 см/сек и применением модулятора, схема которого приведена на рис. 3. Так как несущая частота сигнала звукового генератора хорошо записывается на пленку, то колебания с низкой модулирующей частотой, создаваемой преобразователем, также хорошо записываются на магнитную ленту.

Для коррекции спектров необходимо знать частотную характеристику магнитофона. Для этого сигнал определенного уровня (желательно как можно ближе к уровню анализируемого сигнала) записывается на магнитную ленту по всему диапазону частот. Затем при воспроизведении измеряют сигналы на выходе магнитофона ламповым вольтметром. По измеренным величинам строят график

$$f(X) = \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вых}}},$$

где  $U_{\text{вх}}$  — напряжение на входе магнитофона, в;  
 $U_{\text{вых}}$  — напряжение на выходе магнитофона, в;  
 $X$  — измеряемая характеристика вибрации.

Полученный спектр корректируется с помощью этого графика.

В зависимости от вида разлагаемой функции (смещение, скорость, ускорение) получаем соответствующие спектры.

Запись на магнитную ленту модулированного сигнала не позволяет судить об уровне полезного сигнала, поэтому нужно добиваться большой глубины модуляции с тем, чтобы полезный сигнал не оказался ниже предела чувствительности анализатора. Магнитофонам с сетевым питанием свойственны помехи с промышленной частотой, что затрудняет анализ. Установка фильтра на частоту 50 гц может поглотить и полезный сигнал этой частоты, поэтому запись колебания следует производить на магнитофоне с автономным питанием или перевести канал ламп сетевого магнитофона (хотя бы первых двух каскадов усилителя) на питание постоянным током.

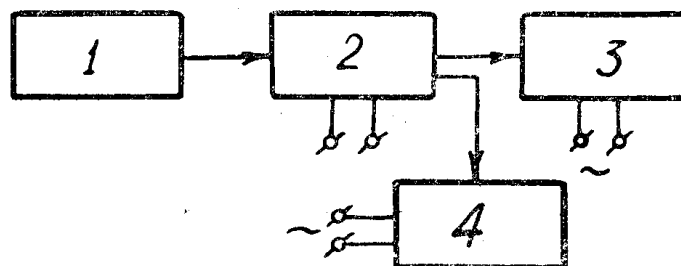


Рис. 4. Структурная схема для анализа колебаний пневматических молотков

Так как оптимальная частота питания индуктивного датчика находится на крутопадающем участке характеристики магнитофона, то при записи следует перейти на более низкую частоту питания — 6—8 кгц, а потерю чувствительности восполнить повышением напряжения питания преобразователя. Как индуктивный, так и магнитоэлектрический преобразователи необходимо калибровать динамически. Для этой цели пригодны вибростенды типа СТ-1000, ГЭМК и др.

Таким образом, общая схема для получения спектра вибрации (рис. 4) включает в себя преобразователь (датчик) 1, магнитофон 2, спектроанализатор 3 и осциллограф 4 для промежуточного наблюдения за качеством магнитной записи.

### Выводы

1. Разложение колебаний пневматического молотка в спектр необходимо производить на спектрометрах с полосовыми фильтрами и одно-временным анализом.

2. Применение магнитной записи позволяет сделать метод более универсальным. В случае записи колебаний ручных пневматических молотков следует расширить динамический частотный диапазон магнитофона, особенно в области низких частот.

3. Чтобы исключить влияние помех промышленной частоты, необходимо запись колебаний производить на магнитофоне с автономным питанием или питать накальные цепи усилителя сетевого магнитофона постоянным током.

### ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Бабуров, В. Ф. Горбунов. Исследование внутренних процессов и параметров рубильно-клепальных молотков. Изв. ТПИ, т. 123, изд. ТГУ, Томск, 1963.

2. Г. С. Вильнер. Стенд и аппаратура для виброиспытаний рублильных пневматических молотков. Сб. «Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС», вып. 1 (27). Профиздат, М., 1964.
  3. Ю. И. Иориш. Виброметрия. Изд. Машгиз, М., 1963.
  4. Л. Ф. Куликовский. Индуктивные измерители перемещений. Госэнергоиздат, М.-Л., 1961.
  5. Санитарные нормы и правила при работе с инструментами, механизмами и оборудованием, создающими вибрации, передаваемые на руки работающих, и по ограничению общей вибрации рабочих мест. Изд. Министерства здравоохранения СССР, М., 1966.
  6. М. Г. Серебrenников. Гармонический анализ. Гостехиздат, 1948.
  7. Справочник начинающего радиолюбителя. Под ред. Р. Н. Малинина. «Энергия», М.-Л., 1965.
  8. Б. В. Суднишников, Н. Н. Есин. Элементы динамики машин ударного действия. Изд. СО АН СССР, Новосибирск, 1965.
  9. С. Б. Стопский. Анализаторы спектра звуковых и инфразвуковых частот для акустической спектрометрии. Госэнергоиздат, М.-Л., 1962.
-