

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ВЕНТИЛЯТОРА ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

Мазур М.Н., магистрант; Борисов А.А., доц., к.т.н., доц.

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Параметр контроля должен определяться свойствами конкретной вибрации и обеспечивать измерение интересующих составляющих вибрации с достаточной точностью. Выбор в качестве такого параметра амплитуды виброперемещения позволяет точнее измерять низкочастотные составляющие, на которые приходится основная часть энергии спектра вибрации шахтных вентиляторов главного проветривания.

Внедрение непрерывного контроля вибрации позволит повысить надежность и долговечность работы вентиляторов за счет своевременного обнаружения дефектов и предупреждения разрушения узлов машин. Кроме того, дальнейшее развитие систем контроля вибрации предполагает введение элементов вибродиагностики – по изменению параметров вибрации устанавливать возникновение какой-либо неисправности.

При измерении параметров вибрации широко используют пьезоэлектрические, индукционные, индуктивные и емкостные вибропреобразователи.

Вибродатчики можно разделить на генераторные и параметрические. В отдельную группу можно отнести сравнительно недавно появились, лазерные вибродатчики. Параметрические, в свою очередь, делятся на индуктивные и емкостные.

К генераторным датчикам относятся пьезоэлектрические. Это наиболее распространенные на сегодняшний день датчики.

Наиболее оптимальные показатели имеют пьезоэлектрические акселерометры. Акселерометрами называются приборы, предназначенные для измерения ускорения. Пьезоэлектрические преобразователи ускорения являются активными преобразователями, то есть создают измерительное напряжение без подачи на них напряжения от постороннего источника.

К их недостаткам можно отнести:

- невозможность проведения бесконтактных измерений;
- невозможность измерения постоянной составляющей вибрации.

Достоинства генераторных датчиков по сравнению с параметрическими вибродатчиками: нет необходимости в дополнительном источнике питания, отсутствие первоначальной установки зазора, более простая схема, отсутствие шумов при малых уровнях сигнала. Пьезоэлектрический преобразователь ускорения состоит из корпуса 6 с резьбовым отверстием 7 для крепления на механизме (рис.1), электрического вывода 4, демпфирования 3, пружины 5, сейсмической массы 1 и пьезоэлектрического элемента 2. Пьезоэлектрические датчики ускорения являются абсолютными вибропреобразователями.

Согласно второму закону Ньютона для того, чтобы привести массу в движение нужна сила формула (1):

$$\text{сила} = \text{масса} \cdot \text{ускорение} \quad (1)$$

В пьезоэлектрических датчиках ускорения движущая сила передается от объекта на встроенную в датчик сейсмическую систему, состоящую из сейсмической массы, пружины и демпфера. Сейсмическая система, в свою очередь, создает соответствующую силу, которая действует на пьезоэлектрический чувствительный элемент, на поверхности которого создается электрический заряд, следовательно, электрическое напряжение, пропорционально ускорению. Для дальнейшей обработки этого напряжения нужны усилители с исключительно большим входным сопротивлением.

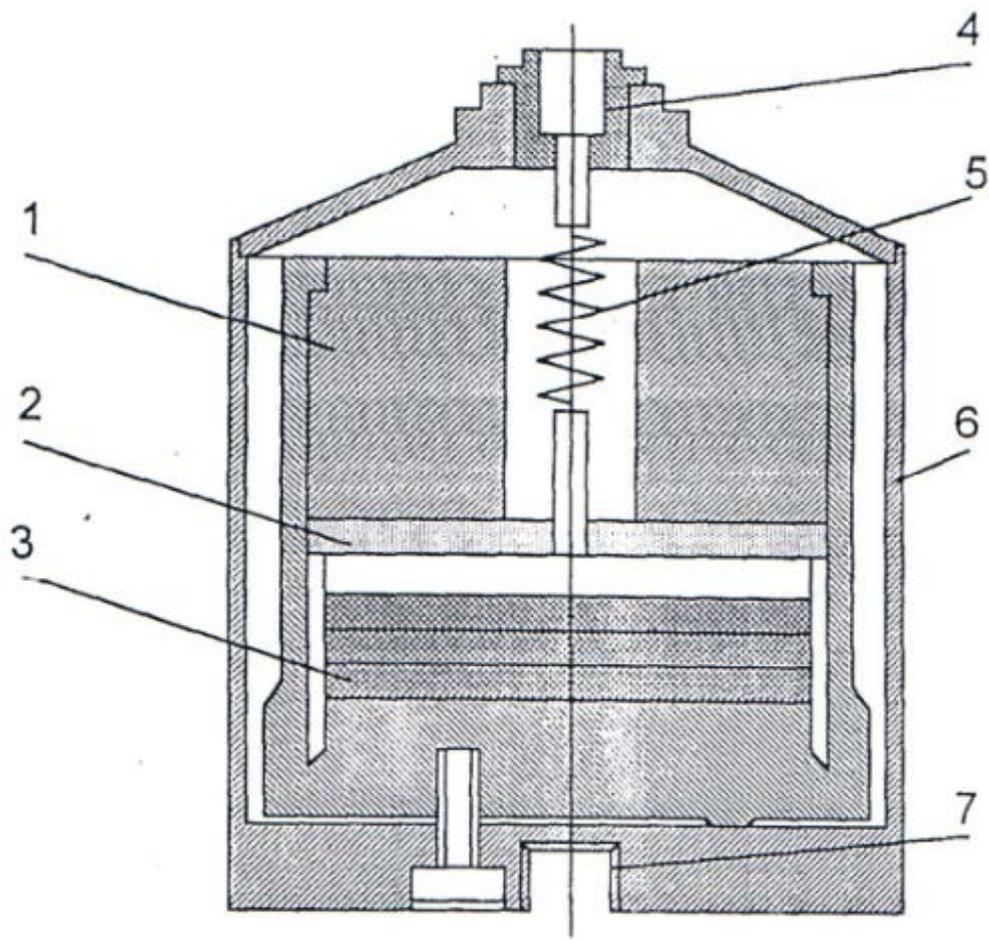


Рисунок 1 – Пьезоэлектрический преобразователь ускорения

Для получения как можно более широкого диапазона рабочих частот преобразователя ускорения его характеристическая частота должна быть по возможности высокой (масса небольшой, пружина очень жесткой).

Демпфирование используется для снижения коэффициента преобразования на резонансной частоте, при этом оптимальное демпфирование  $D = 0.65$ . Диапазон рабочих частот оптимально демпфированных систем находится в пределах от 0 до 60% от характеристической частоты преобразователя. На сейсмическую массу  $m$  действуют силы:

- инерция определяется по формуле (2):

$$F_{и} = m \cdot \frac{d^2}{dt^2}(x - y), \quad (2)$$

где  $x$  - перемещение массы относительно корпуса прибора;

$y$  - перемещение корпуса относительно инерционного пространства;

- демпфирование определяется по формуле (3):

$$F_d = D \cdot \frac{d}{dt}x, \quad (3)$$

где  $D$  - коэффициент демпфирования;

- упругая сила определяется по формуле (4):

$$F_y = c \cdot x, \quad (4)$$

где  $c$  — коэффициент упругости.

Сумма этих сил равна формуле (5):

$$m \cdot \frac{d^2}{dt^2}(x + y) + D \cdot \frac{d}{dt}x + c \cdot x = 0. \quad (5)$$

Или формуле (6):

$$x'' + 2 \cdot d \cdot \omega_0 \cdot x' + \omega_0^2 \cdot x = y'' = a_x, \quad (6)$$

где  $d = 0.5D(c \cdot m)^{1/2}$  - коэффициент относительного затухания;

$\omega_0 = (c/m)^{1/2}$  - собственная частота.

Передаточная функция акселерометра имеет вид по формуле (7):

$$W(p) = \frac{1}{p^2 + 2 \cdot d \cdot \omega_0 \cdot p + \omega_0^2}. \quad (7)$$

Динамические погрешности акселерометров определяются относительным коэффициентом затухания  $d$  и соотношением между собственной частотой  $\omega_0$  и частотой ускорения, которое измеряется,  $\omega$ .

Для идеального пьезоэлектрического датчика ускорения связь между электрическим и механическим сигналами описывается одной технической характеристикой: коэффициентом передачи, который определяется по формуле (8):

$$B_{ua} = \frac{\text{напряжение холостого хода}}{\text{ускорение}}. \quad (8)$$

Все остальные характеристики приводятся для оценки погрешностей. Для продольного возбуждения электрическое напряжение холостого хода определяется по формуле (9):

$$u(t) = g \cdot d \cdot A^{-1} \cdot F(t), \quad (9)$$

где  $F(t)$  - сила, действующая на датчик,

$A$  - площадь электрода;

$d$  - толщина электрода;

$g$  - пьезоэлектрическая постоянная давления.

На рисунке 2 представлена схема замещения пьезоэлектрического преобразователя ускорения, которая построена с учётом внутренней емкости датчика  $C_i$  и емкости кабеля  $C_k$ .

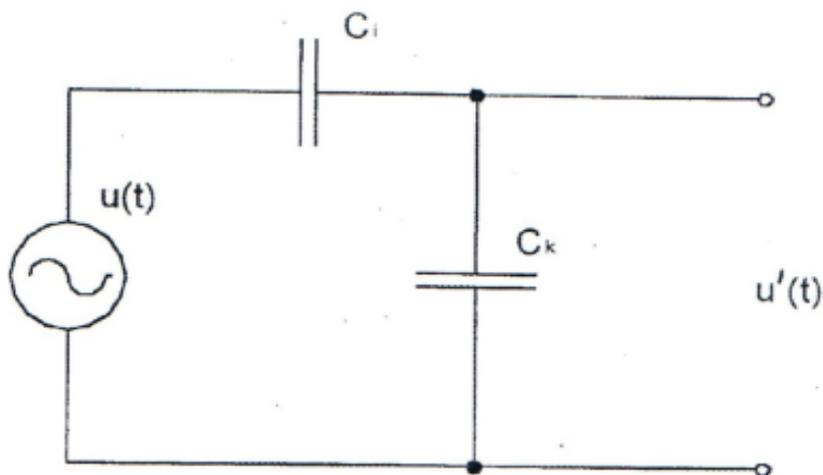


Рисунок 2 – Схема замещения пьезоэлектрического преобразователя ускорения

Пьезоэлектрические датчики ускорения имеют характеристику передачи, которая характерна для фильтра низких частот с резонансом. Нижняя граничная частота таких преобразователей зависит от различных влияющих величин, причем решающее влияние на режим их работы на низких частотах обнаруживают конструкция преобразователя, усилитель, применяется и качество монтажа, а также рабочие температуры (рис. 3).

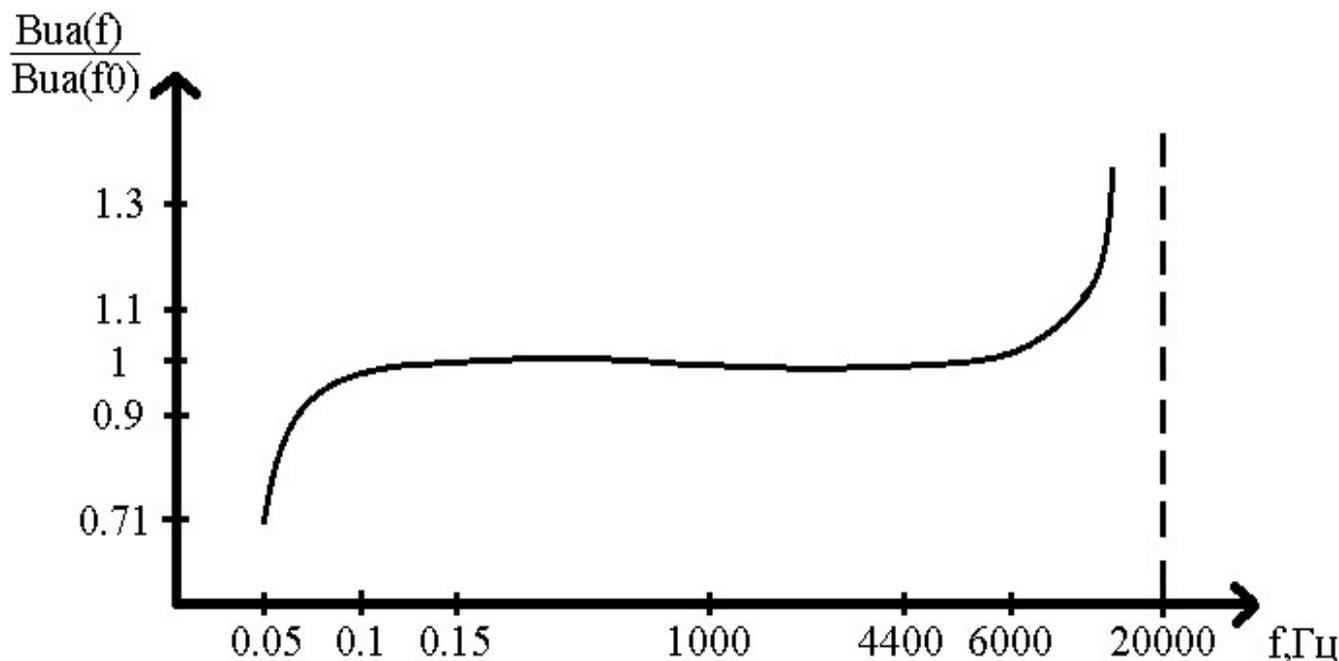


Рисунок 3 – Частотная зависимость относительного коэффициента передачи напряжения пьезоэлектрического датчика ( $f_u$  - электрическая граничная частота,  $f_0$  - нормируемая частота,  $f_R$  - резонансная частота)

#### **Вывод.**

В данной статье обоснован выбор типа первичного преобразователя для системы виброконтроля состояния вентилятора главного проветривания угольной шахты. Произведено моделирование выбранного пьезоэлектрического преобразователя. И показано, что пьезоэлектрические датчики ускорения имеют характеристику передачи, которая характерна для фильтра низких частот с резонансом. Рассмотрена схема замещения пьезоэлектрического преобразователя ускорения, которая построена с учётом внутренней емкости датчика и ёмкости кабеля.

#### **Перечень ссылок**

1. Демченко, С. И. Неисправности шахтных вентиляторных установок главного проветривания : Справочное пособие / С. И. Демченко, А. В. Кузнецов, В. П. Паршинцев. – Москва : Недра, 1990. - 188с.
2. Гращенков, Н. Ф. Рудничная вентиляция : Справочник / Н. Ф. Гращенков и др. – Москва : Недра, 1988. - 440 с.
3. Балицкий, Ф. Я. Виброакустические процессы в машинах и присоединенных конструкциях / Ф. Я. Балицкий, М. Д. Генкин. – Москва : Машиностроение, 1974. - 182 с.
4. Генкин, М. Д. Виброакустическая диагностика машин и механизмов / М. Д. Генкин, А. Г. Соколова. – Москва : Машиностроение, 1987. - 288 с.
5. Макс, Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях / Ж. Макс. – Москва : Мир, 1983. - 268 с.