

## СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЙ

И. Г. МИНАЕВ, А. И. ТРОФИМОВ

(Представлена кафедрой вычислительной техники)

В настоящее время применяются различные способы преобразования измеряемой неэлектрической величины давления в электрическую с помощью емкостных, индуктивных, угольных, магнито-упругих, тензорезисторных и пьезоэлектрических датчиков.

Выбор того или иного способа определяется конкретными условиями. Известный пьезоэлектрический способ измерения давления применим лишь для измерения быстро меняющихся во времени, т. е. динамических давлений, так как заряд, возникающий в момент приложения усилия, в результате утечки исчезает по экспоненциальному закону (1)

$$U_t = U \cdot e^{-\frac{t}{T}}$$

с постоянной времени  $T$ , равной

$$T = R \cdot C,$$

где

$R$  — сопротивление утечки, образованное поверхностным и объемным сопротивлениями пьезоэлемента и входным сопротивлением измерительного устройства;

$C$  — емкость между гранями пьезоэлемента (включая входную емкость измерительного устройства).

Ввиду конечных значений величин  $R$  и  $C$  существует и конечное значение нижней или минимальной частоты  $f$  регистрируемого изменения измеряемого давления, причем  $f$  определяется условием (1)

$$f \gg \frac{1}{T}.$$

Применение электрометрических измерительных усилителей, обладающих высокоомным входным сопротивлением, но и низкой стабильностью, позволяет расширить частотный диапазон измерения давления лишь до десятых долей герца при значительном снижении точности. Авторами разработан пьезоэлектрический способ измерения механического давления, позволивший расширить частотный диапазон измерения в область низких частот, включая предельный случай, когда  $f = 0$  (статическое давление).

Измерительная схема представлена на рис. 1. В качестве чувствительного элемента используется пьезоэлемент (ПЭ) из пьезокерамики

с двумя электродными системами, образованными одним общим электродом и двумя электродами на противоположной ему грани.

На одну электродную систему подается возбуждающее напряжение от генератора электрических колебаний (ГЭК). Благодаря обратному

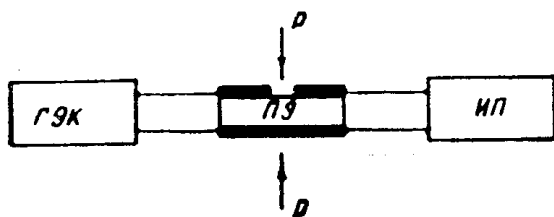


Рис. 1. Схема осуществления предложенного способа: ГЭК — генератор электрических колебаний, ПЭ — пьезоэлемент, ИП — измерительный прибор,  $P$  — измеряемое давление

пьезоэлектрическому эффекту, переменное электрическое поле, приложенное к левой половине кристалла, вызывает механические колебания всего кристалла. На частоте, резонансной для данного кристалла, в нем возникают колебания максимальной амплитуды, которые создают электрический заряд в правой половине кристалла (прямой пьезоэлектрический эффект), приводящий

к появлению разности потенциалов на второй электродной системе, т. е. пьезоэлемент работает в трансформаторном режиме.

При увеличении (уменьшении) давления, действующего на пьезоэлемент, происходит уменьшение (увеличение) амплитуды колебаний, наблюдаемых на экране осциллографа, подключенного к правой системе электродов. По изменению амплитуды и судят о величине измеряемого давления. На практике вместо осциллографа подключают измерительный прибор (ИП) — вольтметр.

Таким образом, измеряемый электрический сигнал представляет собой в общем случае амплитудно-модулированные колебания с несущей частотой, равной частоте возбуждающего генератора или резонансной частоте колебаний пьезоэлемента, и с огибающей, форма которой соответствует изменению во времени приложенного давления, которое в частном случае ( $f = 0$ ) может быть и статическим.

На рис. 2—3 приведены графики зависимости напряжения на выходе пьезоэлемента от статического давления  $P$ , полученные при испытании пьезоэлементов из пьезокерамики ЦТС-19 (цирконат—титанат свинца), из которых видно, что диапазон измеряемого давления увеличивается с увеличением приложенного к пьезоэлементу напряжения возбуждения (мощности излучения) (рис. 2) и объема пьезоэлемента (рис. 3).

Однако увеличение диапазона измеряемого давления происходит до определенной величины напряжения возбуждения, при которой наступает насыщение пьезоэлемента. Для данного пьезоэлемента с диаметром 28 мм и толщиной 3 мм (рис. 2) насыщение наступает при  $U_b = 30$  в.

Чувствительность датчика при увеличении напряжения возбуждения уменьшается.

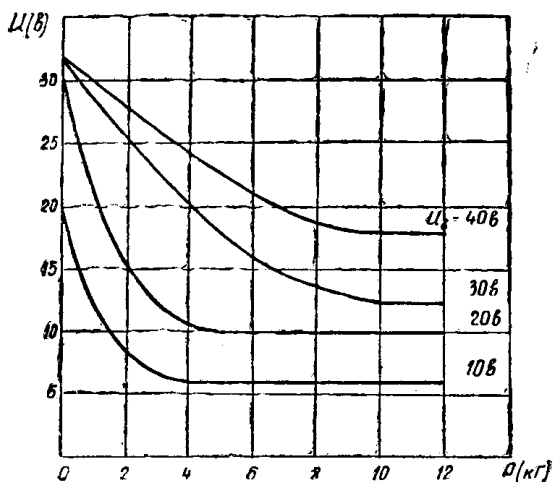


Рис. 2. График зависимости выходного сигнала от измеряемого давления при различном напряжении возбуждения

При  $U_{\text{в}} = 10$  в крутизна характеристики увеличивается (рис. 2), но диапазон измерения давления сужается до 4 кГ.

При  $U_{\text{в}} = 30$  в (рис. 2) чувствительность его значительно ниже, но диапазон измерения расширяется до 11 кГ.

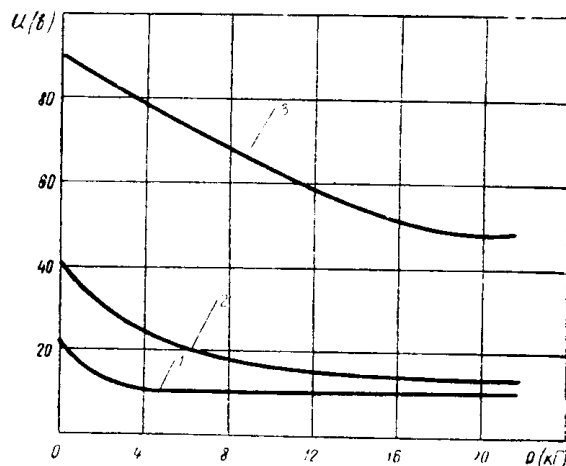


Рис. 3. График зависимости выходного сигнала от измеряемого давления для пьезоэлементов различных объемов

Величина диапазона измерения пропорциональна объему пьезоэлемента (рис. 3).

При одном и том же напряжении возбуждения (30 в) диапазон измерения давления изменяется от 20 кГ для пьезоэлемента диаметром 20 мм, толщиной 18 мм до 8 кГ для пьезоэлемента с диаметром 24 мм, толщиной 3 мм и до 4 кГ для пьезоэлемента с диаметром 24 мм, толщиной 1,2 мм.

### Выводы

1. Лабораторные испытания подтвердили принципиальную возможность предложенного способа для измерения статических давлений.
2. Диапазон измерения давления и чувствительность можно изменять путем изменения величины возбуждающего напряжения и размеров пьезоэлемента.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Д. И. Агейкин, Е. И. Костина, И. Н. Кузнецова. Датчики контроля и регулирования. М., Изд-во «Машиностроение» 1965.