

В. М. КУНОВ, А. Н. ПОТАПОВ
(Новосибирск)

АППАРАТУРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

При проведении гидродинамических исследований в естественных условиях часто возникает необходимость измерения и регистрации давлений. Как известно, измерительная аппаратура, используемая в полевых условиях, должна быть надежна, проста в эксплуатации, достаточно универсальна, обладать небольшим весом и габаритами и иметь удовлетворительные метрологические характеристики в широком диапазоне температур.

Авторами разработан комплект полевой аппаратуры для гидродинамических исследований. Аппаратура позволяет измерять давления и перепады давления и производить запись результатов измерения на магнитный регистратор или шлейфовый осциллограф. В качестве первичных преобразователей в разработанной аппаратуре применены серийно изготавливаемые датчики давления типа ДДМ и датчики превышения давления в составе сигнализаторов давления СДМ и СДМК, предназначенные для превышения давления СПДМ и СПДМК [1, 2]. Эти сигнализаторы выдают контрольный сигнал при достижении определенного значения давления или перепада давления.

Датчики ДДМ и ДДПДМ — мембранные. Преобразователем прогиба мембраны в электрический сигнал в этих датчиках является дифференциальный трансформатор с сердечником, который отделен от обмоток титановой трубкой высокого давления.

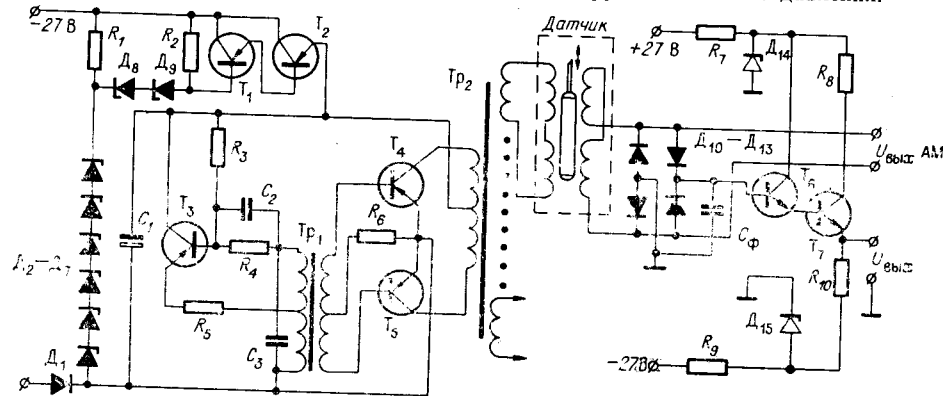


Рис. 1.

При заводской настройке дифференциального трансформатора характеристика датчика на начальном участке существенно нелинейна. Для измерения давления во всем рабочем диапазоне нелинейность характеристики датчика необходимо уменьшить. Конструкция датчика допускает перестройку дифференциального трансформатора в широких пределах, и при установке нулевого сигнала $U_0 = 0,5 \div 1,0$ В характеристика датчика становится линейной с приведенной погрешностью, не превышающей 1,0%.

Датчики давления ДДМ выпускаются шестнадцати типов на максимальные измеряемые давления от 0,4 до 400 кгс/см². Датчики с жидкостными разделителями сред (ЖРС) рассчитаны на работу в коррозирующих средах: морская и пресная вода, дистиллят и конденсат водяного пара. Датчики без ЖРС предназначены для работы с некорродирующими средами, такими, как воздух, масло, гелий и т. д.

Модификации и рабочие характеристики датчиков превышения давления типа ДДПДМ приведены в таблице. Вес датчика ДДПДМ-116 2,8 кг. Датчики ДДМ отличаются от ДДПДМ лишь отсутствием бокового штуцера, предназначенного для подачи компенсирующего давления на обратную сторону мембраны. Датчики, предназначенные для работы с некорродирующими средами, не имеют ЖРС и, следовательно, обладают несколько меньшими габаритами и весом.

Датчики этих типов рассчитаны на питание синусоидальным током с частотой 400 Гц и напряжением 12 В, но, поскольку стабилизация синусоидального напряжения сложнее, чем стабилизация прямоугольного, питание датчиков в описываемой аппаратуре осуществляется прямоугольным напряжением 10 В с частотой 400 Гц.

Принципиальная схема генератора питания датчиков и одного измерительного канала приведена на рис. 1. Задающий генератор собран на транзисторе Т₃ и тран-

Модификация датчика	Рабочая среда	Максимальное рабочее давление среды, кгс/см ²	Предел изменения перепада давления	
			номинал	ед. измерения
ДПДМ-Г	Воздух	0,6	63 100 400	мм вод. ст.
ДПДМ-Па	Воздух	15	40 100 160 250 400 630 1000	мм рт. ст.
ДПДМ-Пб	Морская и пресная вода, дистиллят, конденсат водяного пара	100	0,63 1,0 1,6 2,5 4,0 6,3 10,0 16,0 25,0	кгс/см ²
ДПДМ-Пв	Масло	150	0,63 1,0 1,6 2,5 4,0 6,3	кгс/см ²
ДПДМ-Пн	Воздух	400	1,0 1,6 2,5 4,0 6,3 10,0	кгс/см ²

сформаторе T_1 . Напряжение, снимаемое со вторичной обмотки трансформатора, подается на двухтактный усилитель-ограничитель (транзисторы T_4 и T_5). Мощность усилителя позволяет питать до шести датчиков. Питание генератора осуществляется постоянным напряжением, стабилизированным на уровне 21 В при помощи стабилизатора на транзисторах T_1 и T_2 . Диоды D_2-D_7 включены с целью температурной компенсации стабилизатора. При номинальном питании выходной сигнал, снимаемый с датчика при максимальном измеренном давлении, составляет 3,5—4,0 В (включая и нулевой сигнал U_0).

Аппаратура позволяет записывать на магнитный регистратор амплитудно-модулированный сигнал, снимаемый непосредственно с датчика, или выпрямленный сигнал на магнитный регистратор или шлейфовый осциллограф. В последнем случае в качестве выпрямителя применен диодный мост со сглаживающим фильтром и эмиттерный повторитель (транзисторы T_6 и T_7), имеющий $R_{\text{вых}} < 10$ Ом. При измерении по этой схеме переменных давлений со временем нарастания или спада давления менее 1—3 с необходимо учитывать постоянную времени фильтра и, кроме того, следует иметь в виду, что схема имеет различные постоянные времена при нарастании и спаде сигнала.

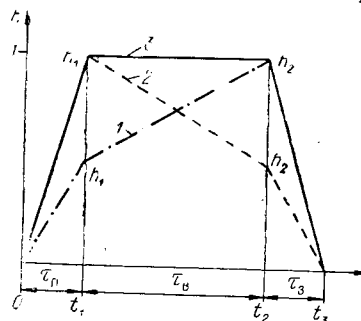


Рис. 2.

Возникающие при этом динамические погрешности можно учесть следующим образом. Аппроксимируем измеряемый процесс трапецидальным импульсом (рис. 2); тогда динамические погрешности определяются по формулам [3]:

$$\delta_{\text{п}} = \frac{\tau}{\tau_{\text{п}}} \left(1 - e^{-\frac{\tau_{\text{п}}}{\tau}} \right); \quad (1)$$

$$\delta_{\text{в}} = \delta_{\text{п}} \frac{h_1}{h_2} e^{-\frac{\tau_{\text{в}}}{\tau}} + \left(1 - \frac{h_1}{h_2} \right) \frac{\tau}{\tau_{\text{в}}} \left(1 - e^{-\frac{\tau_{\text{в}}}{\tau}} \right); \quad (2)$$

$$\delta_{\text{з}} = \delta_{\text{в}} e^{-\frac{\tau_{\text{з}}}{\tau}} - \frac{\tau}{\tau_{\text{з}}} \left(1 - e^{-\frac{\tau_{\text{з}}}{\tau}} \right). \quad (3)$$

Здесь $\delta_{\text{п}}$, $\delta_{\text{в}}$ и $\delta_{\text{з}}$ — погрешности передачи переднего фронта, вершины и заднего фронта импульса; $\tau_{\text{п}}$, $\tau_{\text{в}}$ и $\tau_{\text{з}}$ — соответствующие длительности; τ — постоянная времени схемы; h_1 и h_2 — значения импульса в точках излома.

Постоянная времени схемы при нарастании сигнала $\tau \uparrow$ равна $R_{\text{вых.д}} C_{\text{ф}}$, а при спаде $\tau \downarrow = R_{\text{вх.п}} C_{\text{ф}}$. Здесь $R_{\text{вых.д}}$ — выходное сопротивление датчика; $R_{\text{вх.п}}$ — входное сопротивление повторителя; $C_{\text{ф}}$ — емкость фильтра. Таким образом, при расчетах погрешностей при передаче переднего фронта $\delta_{\text{п}}$ и вершины $\delta_{\text{в}}$ в случае нарастающей или горизонтальной вершины импульса (кривые 1 и 3 на рис. 2) в формулы (1) и (2) подставляется $\tau \uparrow$, а при расчетах погрешности передачи заднего фронта и вершины, если вершина спадающая (кривая 2), в формулы (2) и (3) подставляется $\tau \downarrow$.

Такой расчет справедлив, если $\frac{\tau_{\text{п}}}{\tau \uparrow} < 5 \div 10$. Если $\frac{\tau_{\text{п}}}{\tau \uparrow} = 5 \div 10$, то необходимо найти точку t , в которой входной и выходной сигналы равны, и считать погрешности до этой точки, подставляя в формулы $\tau \uparrow$, а после нее — $\tau \downarrow$. Эта точка лежит на вершине импульса, если вершина спадающая, или на заднем фронте, если вершина горизонтальная или нарастающая.

Для этого, например, при спадающей вершине необходимо приравнять функцию, отображающую вершину импульса с учетом погрешности передачи переднего фронта,

$$f_{\text{в.вх}}(t) = \delta_{\text{п}} h_1 + \frac{h_2 - h_1}{\tau_{\text{в}}} t \quad (4)$$

и отклик системы

$$f_{\text{в.вых}}(t) = \delta_{\text{п}} h_1 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau \uparrow}} \right) + \frac{h_2 - h_1}{\tau_{\text{в}}} \left(\tau \uparrow e^{-\frac{t}{\tau \uparrow}} + t - \tau \uparrow \right). \quad (5)$$

В (5) масштабный коэффициент k принят равным 1. В этом случае t определяется следующим выражением:

$$t = \frac{\ln \left(\delta_{\text{п}} h_1 - \frac{h_2 - h_1}{\tau_{\text{в}}} \tau \uparrow \right) - \ln \frac{h_2 - h_1}{\tau_{\text{в}}} \tau \uparrow}{\tau \uparrow}. \quad (6)$$

Так например, погрешности передачи импульса с параметрами $\tau_{\text{п}} = 3$ с, $\tau_{\text{в}} = 5$ с, $\tau_{\text{з}} = 3$ с, $h_1 = 3,5$ и $h_2 = 1,5$, рассчитанные этим способом для схемы, имеющей $\tau \downarrow = 2 \cdot 10^{-3}$ с и $\tau \uparrow = 4 \cdot 10^{-2}$ с, составляют $\delta_{\text{п}} = -0,06$, $\delta_{\text{в}} = -1,04$, $\delta_{\text{з}} = +0,8\%$. Температурная погрешность аппаратуры в диапазоне $0-40^\circ \text{C}$ не превосходит $\pm 2\%$. Дополнительная погрешность при изменении напряжения источника питания в пределах $\pm 10\%$ не превосходит $\pm 1\%$.

Аппаратура питается от внешнего источника постоянного тока напряжением 27 В. Потребляемый ток в шестиканальном варианте не более 1,0, а в одноканальном — 0,3 А. Габариты электронного блока $250 \times 160 \times 80$ мм, вес 3,0 кг.

Аппаратура, укомплектованная датчиками ДПДМ и соответствующим образом протарированная, может применяться для измерения скорости потоков и расхода жидкости, а также в качестве гидродинамического лага.

- по эксплуатации, МХО.232.027ГО.
2. Сигнализаторы давления СПД, СПДМ и СПДМК. Техническое описание и инструкция по эксплуатации, МХО.232.027ГО.
 3. Ю. Н. Солодкин. Методы анализа и расчета динамических погрешностей первичных преобразователей при измерении периодических и одиночных импульсов. Канд. дисс. Новосибирск, 1969.

Поступило в редакцию
28 мая 1971 г.

УДК 621.317.6

А. Г. РӨЗИН
(Тула)

К АНАЛИЗУ ОДНОЙ СХЕМЫ КОНТРОЛЯ ОТНОШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИИ

В акустической автометрии при контроле неравномерности частотных характеристик, коэффициентов передачи, коэффициента гармоник и т. д. измерительный процесс часто сводится к контролю отношения двух величин, например напряжений. Для этой цели в практике широкое применение получила схема трансформаторного сравнивающего устройства с диодно-емкостными запоминающими цепочками (рис. 1). Однако отсутствие анализа такой схемы не позволяло полностью использовать заложенные в ней возможности. Исследованию данной схемы и расширению ее возможностей и посвящено настоящее сообщение.

Схема, приведенная на рис. 1, позволяет вести контроль развернутой во времени зависимости огибающей напряжения по величине отношения (M) максимума к минимуму $M = \frac{U_{вх.мах}}{U_{вх.мин}}$. При этом на контролируемую последовательность напряжений

накладывается одно ограничение: максимум должен предшествовать минимуму. Контролируемые напряжения подаются на вход трансформатора Tr , вторичные обмотки которого имеют такое соотношение чисел витков, чтобы выровнять минимальное напряжение с максимальным для заданного значения отношения напряжений. Меньшая по количеству витков вторичная обмотка w_2 подает сигнал на схему запоминания максимума, большая w_3 питает схему детектора огибающей.

В этом случае напряжение на конденсаторе C_1 схемы запоминания максимума равно

$$U_{зап} = U_{вх.мах} \frac{w_2}{w_1} K_{дет.мах}, \quad (1)$$

где $K_{дет.мах}$ — коэффициент передачи детектора максимума (пикового детектора).

Напряжение же, выделяемое детектором огибающей, составляет

$$U_{огиб} = U_{вх.мин} \frac{w_3}{w_1} K_{дет.мин}, \quad (2)$$

где $K_{дет.мин}$ — коэффициент передачи детектора огибающей. Условие срабатывания схемы контроля имеет вид

$$U_{зап} - U_{огиб} \geq U_{сраб}, \quad (3)$$

где $U_{сраб}$ — порог чувствительности срабатывающего устройства (СУ). Подставляя в (3) выражения (1) и (2) и вводя обозначения:

$$\frac{K_{дет.мин}}{K_{дет.мах}} = q; \quad \frac{w_3}{w_1} = N; \quad \frac{U_{сраб}}{U_{зап}} = p, \quad (4)$$

после преобразования получим условие срабатывания в виде

$$M \geq \frac{q}{1-p} N. \quad (5)$$