

$\delta K_{вд}$	$\delta K_{у1V}$	$\delta K_{пн4}$	$\delta f_5$	$\delta f_0$	$\delta U_k$	$\delta$ (Д)
0,0345%	2,16%	2,16%	1,7%	2,4%	0,04%	0,02%

пряжение—частота (рис. 2), простые схемы частотных элементов (рис. 4) и усилитель для разработанного вольтметра.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмичев Г. М. Вопросы проектирования цифровых вольтметров прямого уравнивания. Ученые записки Пензенского политехнического института. «Электроизмерительная техника», вып. 2. Пенза, Приволжское книжное изд-во, 1964.
2. Шляндин В. М., Ломтев Е. А. Некоторые вопросы проектирования следящих цифровых вольтметров прямого уравнивания. Ученые записки. «Информационно-измерительная техника», вып. 4, Пенза, 1969.
3. Расчет схем на транзисторах. Перевод с англ. Изд. «Энергия». 1969.
4. Добровинский И. Р., Ломтев Е. А., Шляндин В. М. К вопросу оценки погрешности цифровых вольтметров прямого уравнивания. «Автоматрия», № 2, 1968.

Г. В. АБРАМОВ, А. И. МАХОВ

### АВТОМАТИЧЕСКИЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ФАЗОМЕТР

Ультразвуковой фазометр предназначен для определения формы фазового фронта ультразвуковых волн в жидкости в диапазоне 1—5 мГц, [1—4]. На рис. 1 приведена функциональная схема фазометра. Он состоит из датчика ультразвуковых колебаний 1, усилителей 2, детекторов 3, нуля-органа 4, дифференциального усилителя 5, реверсивного двигателя 6, редуктора 7, преобразователя «угол-цифра» 8, реверсивного счетчика 9, перфоратора 10, датчика интервалов 11.

Датчик 1 состоит из двух приемников ультразвука. Каждый приемник представляет собой плоскую пьезопластинку с острой диаграммой направленности, размеры которой определяются выбранным диапазоном частот, а также степенью кривизны фронта. Например, для измерения формы фронта квазиплоского ультразвукового поля в воде в диапазоне волн 1—5 мГц применяется пьезопластинка размерами 10×1×1 мм.

Диаграмма направленности ее описывается формулой [5]

$$\bar{U} = U_0 \frac{\sin kal}{kal},$$

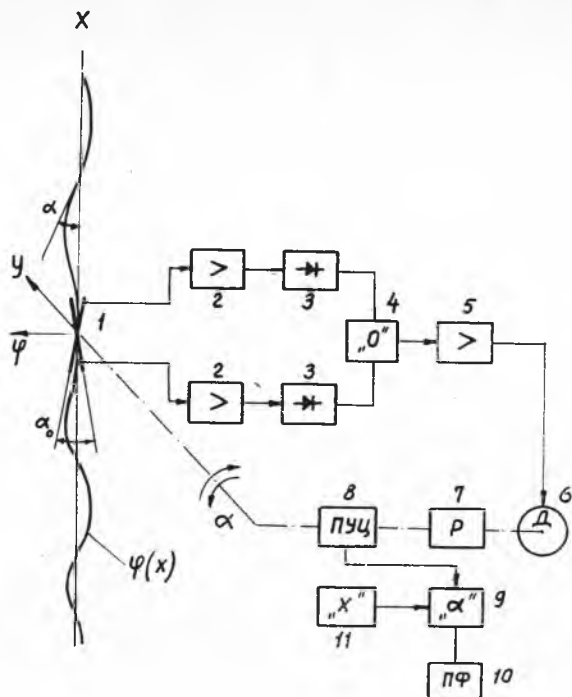


Рис. 1. Функциональная схема автоматического ультразвукового фазометра

где  $U_0$  — максимальный сигнал на пластинке;  $\alpha$  — угол поворота пластинки относительно оси  $Y$  (см. рис. 1);  $l$  — длина пластинки;  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  — волновое число.

Центры пластинок датчика расположены на одной оси, а пластинки развернуты относительно друг друга на угол, несколько больший половины ширины диаграммы направленности (1—5°). Образуется, так называемое, равносигнальное направление датчика [5].

Каскады 2, 3, 5 выполняются по известным схемам. Устройство нуля-органа 4, преобразователя «угол-цифра» 8 и счетчика 9 подробно рассмотрены в работах 6, 7, 8. Двигатель 6 и редуктор 7 типовые, применяемые в следящих системах (например ДИД-1 и др). Датчик интервалов 11 связан с координатным устройством и через определенные интервалы перемещения  $\Delta X$  по оси  $X$  выдает импульсы на запись показаний счетчика на перфоленту.

Элементы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 образуют следящую систему; настроенную на равенство сигналов на пластинках. При неравных сигналах нуля-орган 4 через дифференциальный усилитель 5

включает двигатель 6, который поворачивает датчик 1 в сторону выравнивания сигналов.

Измерения производятся следующим образом: какую-либо точку поля (например, на оси симметрии излучателя) принимают за опорную с нулевой фазой. В эту точку помещают датчик 1, который тотчас же займет определенное положение по отношению к фронту волны (равенство сигналов на пластинках). Далее датчик перемещают по оси измерения X. При этом вследствие кривизны поля и работы следящей системы датчик поворачивается относительно оси Y. Угол поворота фиксируется счетчиком 9 и через определенные интервалы перемещения записывается на перфоленту. Возможна оперативная оценка степени кривизны поля по величине угла.

Данные измерения обрабатываются на ЭЦВМ. Производят следующие вычисления [2, 3, 4]: 
$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \int_0^{\Delta x \cdot n} \alpha dx.$$

Здесь  $\Delta x$  — интервал измерения по оси x, мм; n — число интервалов;  $\lambda$  — длина волны, мм;  $\alpha$  — угол поворота датчика, град;  $\varphi$  — фаза поля, град.

Погрешность прибора определяется размерами и чувствительностью датчика, чувствительностью нуля-органа, коэффициентом усиления тракта, а также точностью отсчета угла преобразователем «угол-цифра». Исследование погрешности выходит за рамки настоящей статьи, заметим только, что при соответствующем выборе указанных выше параметров можно получить точность измерения 5—10°.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Г. В., Махов А. И. Способ определения формы фронта ультразвуковой волны в жидкости. Авторское свидетельство № 269519 от 13.2.1970.
2. Абрамов Г. В., Махов А. И., Иванова В. Б. К вопросу о точности измерения фазовых неоднородностей квазиплоского ультразвукового поля в жидкости. Труды Юбилейной научно-технической конференции, КуАИ, 1970.
3. Абрамов Г. В., Махов А. И., Подольский А. А. Измерение формы фазового фронта ультразвуковых волн в жидкости. Труды VII Всесоюзной акустической конференции, Ленинград, ЛКИ, 1971.
4. Абрамов Г. В., Махов А. И. Об одном методе определения формы фазового фронта ультразвуковых волн в жидкости. «Исследования по акустике и радиоэлектронике». Труды КуАИ, вып. 61, 1973.
5. Сайбель А. Г. Основы радиолокации. «Советское радио», М., 1961.
6. Гитис Э. И. Преобразователи информации для электронных цифровых вычислительных устройств. Госэнергоиздат, Ленинград, 1961.
7. Кузнецов А. А., Кузнецов О. А. Элементы быстродействующих аналогово-цифровых преобразователей. Изд. «Энергия», 1969.
8. Хризман С. С. Цифровые измерительные приборы и системы. «Наукова думка», Киев, 1970.