

УЛТРАЗВУКОВ ИЗМЕРИТЕЛ НА РАЗСТОЯНИЕ

гсч. д-р инж. Петко Жечев Тодоров
ас.инж. Илия Стоянов Илиев - ТУ-Габрово

Abstract. The block-diagram and operation algorithm of a ultrasonic device for the measurement of a distance (up to 10 m) are presented in this paper. The ultrasonic wave propagates in the air medium. The echo-method and counting-pulse method for the measurement. The electronic circuit is designed on the base of the chip-computer MC 68705P3 with the correction of the sound velocity depending on the temperature of the environment.

The ultrasonic radiator and receiver are unified and realized as a complex structure metal-piezoceramics (PKM-042). They work on the base of the sagging oscillations with the working frequency 40 kHz.

The operation algorithm of the ultrasonic device for the measurement of a distance is shown by the timing diagrams.

The principles for the realization of the particular blocks, the technical parameters of the device and main experimental results are other objects of the research in this paper.

Необходимост от точно и бързо измерване на разстояние в обхвата до няколко десетки метра в затворени обеми и особено в условия на химическа и оптическа замърсеност, дават съществени предимства на акустическите вълни. Това обуслави бързото развитие на ултразвуковите (УЗ) измерители на разстояние със оглед на тяхното тяхното приложение в редица отрасли на промишлеността [1, 2, 3, 4].

Към особеностите на УЗ измерители на разстояние се отнасят зависимостта на скоростта на разпространение на ултразвука в газова среда от температурата, влажността и налягането на средата.

В камедра „Електронна техника и микроелектроника“ при ТУ-Габрово е създаден опитен образец на УЗ измерител на разстояние им 0,5 до 10m. За целта е използван бройно-импулсния метод на измерване и ехо метода на прозвучаване. Електронната измервателна система е проектирана на едночипов микрокомпютър MC 68705P3 с корекция на звука в зависимост от температурата на околната среда.

УЗ излъчвател и приемник са разделно-обединени с унифицирана конструкция и са реализирани като съставна структура метал-пизокерамика, работеща на трептене на огъване. Конструкцията им е от закрит тип, като дисковият пизоелемент ($\phi 12\text{mm}$ и дебелина 1mm) е изгответен от пизокерамика тип ПКМ-042 и е залепен към дъното на чашковидния корпус. Последният е изработен от легирана стомана.

Тий като базата на прозвучаване е до 20mm, то според [2] е избрана оптимална работна честота 40kHz. При зададен пиеzокерамичен материал, тази честота се определя чрез избора на дебелината на дъното на чашката по формулата:

$$h = \frac{f_r D^2 \cdot \sqrt{1 - \sigma^2}}{1,88 \cdot V_z}$$

където:

f_r - работна честота на пиеzопреобразувателя;

D - диаметър на пиеzоелемента;

σ - коефициент на Поасон на пиеzокерамиката;

V_z - скорост на разпространение на звука в пиеzокерамиката.

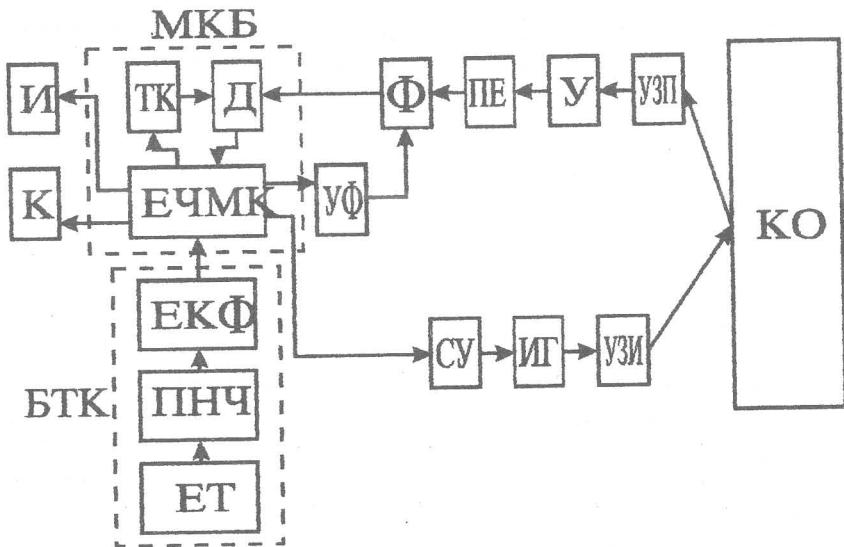
Блоковата схема на УЗ измерител на разстояние е представена на фиг. 1, където: И - индикатор; К - клавиатура; МКБ - микрокомпютърен блок; ЕЧМК - едночипов микрокомпютър; ТК - транзисторен ключ; Д - делител; УЗИ - ултразвуков излъчвател; УЗП - ултразвуков приемник; ИГ - импулсен генератор; СУ - схема на управление; У - усилвател; ПЕ - прагов елемент; Ф - формировател; УФ - управление на формирователя; БТК - блок термокомпенсация; ЕТ - електронен термометър; ПНЧ - преобразувател напрежение-честота; ЕКФ - електронен ключ-формировател; КО - контролиран обект.

Принципът на действие на УЗ измерител на разстояние се илюстрира посредством времедиаграмите от фиг. 2.

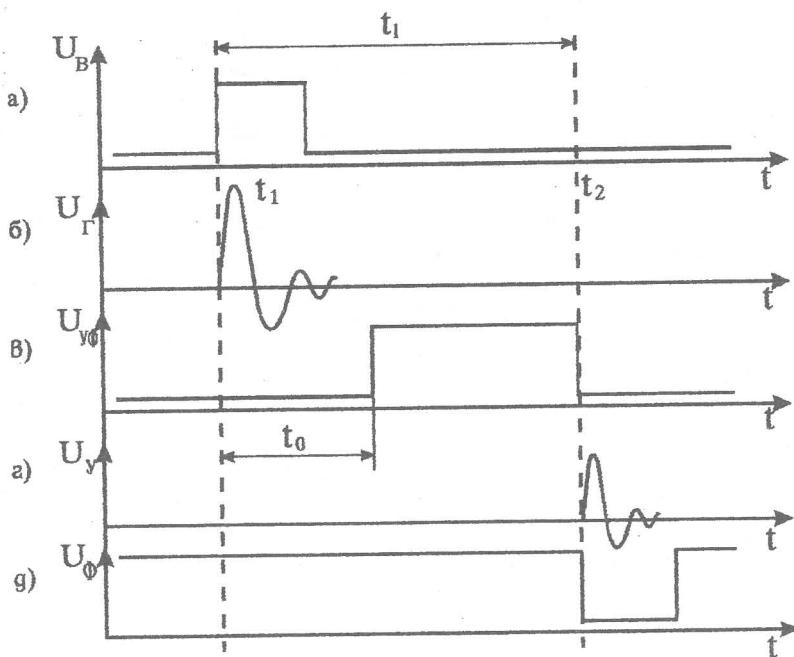
В момента t_1 ЕЧМК подава възбудящ импулс на схемата за управление СУ на импулсния генератор ИГ (фиг. 2,a), който чрез ударно възбудждане с амплитуда няколко стотин волта предизвиква трептене (обратен пиеzоэффект) с резонансна честота 40kHz в ултразвуковия излъчвател УЗИ (фиг. 2,b).

След време t_2 (времето, за което УЗ вълна изминава разстоянието до контролирания обект КО и обратно) отразената вълна предизвиква трептене в ултразвуковия приемник УЗП (прав пиеzоэффект), като изходният сигнал (фиг. 2,c) се усилва от усилвателя У, подава се на праговия елемент ПЕ и от там на входа на формирователя Ф, където се формира импулс със стандартни TTL нива (фиг. 2,g).

За времето t_1 до t_2 (от подаване на възбуджащия импулс до получаване на отразения импулс) микрокомпютърният блок МКБ регистрира импулси, които се получават от генератор с кварцов стабилизирана честота. Количеството на тези импулиси е пропорционално на времето t_1 , за което УЗ вълна изминава разстоянието до контролирания обект и обратно. Тий като



фиг. 1



фиг. 2

Времето t_1 е пропорционално на измерваното разстояние ($V = \text{const}$ - скорост на разпространение на ултразвука в средата) V , то е достатъчно да се умножи по V и да се раздели на две (при ехо метода УЗ вълна изминава два пъти контролираното разстояние), за да се получи с определена точност измерваното разстояние.

Точността на измерването нараства с увеличаване на тактовата честота на ЕЧМК и с нарастване на контролираното (измерваното) разстояние.

Особеност на УЗ измерител е, че изхода на блока формирвател Φ се разрешава след определено време t_0 , чрез схемата на управление на формирвателя УФ (фиг. 2,8). По този начин се избягват случаечни грешки от попадането на смущаващ импулс в УЗ приемник при възбудждане на излъчвателя. Времето t_0 определя мъртвата зона на измервателя, т.е. минималното разстояние, на което системата работи със зададената точност (началното ниво на измервателния обект). Праговият елемент ПЕ прави системата нечувствителна по отношение на различни шумови сигнали.

Грешката от закъсненията на сигнала в усилвателя У, праговият елемент ПЕ и формирвателя Φ е систематична и може да се избегне като се отчете в МКБ при пресмятанията преди да се изведе на индикацията.

Блокът за термокомпенсация БТК се състои от електронен термометър ЕТ, в който като чувствителен елемент се използва PN преход от преобразувател напрежение-честота, изграден с таймер 555 и от електронен ключ-формирвател ЕКФ.

Клавиатурата на УЗ измерител се състои от два бутона за измерване съответно на разстояние и температура и бутон RESET за начално установяване на системата.

Индикацията е светодиодна, четириразрядна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбатов, А.А., Рудашевский, Г.Е., Акустические методы измерения расстояний и управления, М., Энергоиздат, 1981.
2. Бабиков, О.И., Ультразвуковые приборы контроля. Л. Машиностроение, 1985.
3. Ros, S., Martin Abren J.M., Freire T., Calderon L. Digital techniques improve range measurement with ultrasound sensor, Sens. and Actuators, A., 1992 - 32. No 1-3,
4. Nivosonar SMM and SMW processor for the ultrasonic sensors, NIVELCO INDUSTRIE-ELECTRONIC GmbH. 1994.