

## УЛТРАЗВУКОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА НИВО

Иван Симеонов Симеонов  
Технически университет - Габрово

An Ultrasonic Converter for Level Measurement

Ivan Simeonov Simeonov  
Technical University, Gabrovo, Bulgaria

**Abstract.** The Paper presents theoretically a possibility of measuring the degree of fullness of a silo for keeping grain using a piezo-ceramic ultrasonic sensor. A measurement system is proposed in a block schematic form, an ultrasonic converter is presented in detail, with the respective oscillograms to it.

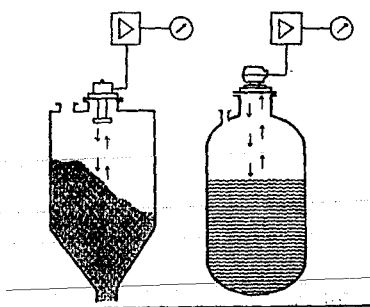
Бързото развитие на звукоизмервателната техника е обусловено както от увеличаващите се потребности на много отрасли от стопанската сфера от нови средства за измерване на взаимно пространственото разположение на елементи на машини, степента на запълненост на силози с насипни товари, размери на произвеждащи се продукти, нива на течности в открити и закрити резервоари и др., така и от съществено нарасналите възможности на електрониката, което позволява създаването на компактни, надеждни и икономични устройства за преобразуване и обработка на сигналите.

Необходимостта от точно и бързо измерване на степента на запълненост е продиктувана от много задачи в практиката. За решаването на тези задачи може да бъде приложен имащият редица предимства звуков ехолокационен принцип, който се основава на използването на акустични вълни с честота от ултразвуковият диапазон. Към тези предимства се отнасят сравнително простия принцип на излъчване и приемане на импулси, компактността на приемо-излъчващите елементи на апаратурата, висока устойчивост на химическо и оптично замърсяване на околната среда, възможност за работа в агресивни среди при високо налягане и в експлозионно-опасни области, възможност за значителна отдалеченост на вторичната апаратура от мястото на измерване, дълъг живот, отсъствие на механически подвижни елементи, простота на обслужването, сравнително ниска себестойност, практически мигновена готовност за работа след включване, нечувствителност към електромагнитни явления и висока надеждност. Всички тези преимущества обуславят все по-широкото използване на ултразвуковите системи за измервания в практиката. Чувствителен елемент на една такава система е ултразвуковият сензор, работещ най-често в обхвата (30 ÷ 300) kHz и

ултразвукови сензори работещи с ефекта на Доплер. Класификацията на сензорите за безконтактно измерване на разстояние е в зависимост от начина на взаимодействие с обекта. Има два основни типа сензори [4]. Първият работи на принципа на детекция на вътрешното излъчване на обекта или неговото поле. Вторият се основава на принципа на излъчване и отразяване. Сензорът, който е използван за ултразвуковия преобразувател за измерване на ниво използва принципа на излъчване и приемане на отразения сигнал.

За получаване на акустични трептения във въздушна среда при нивомерите и измервателите на разстояние се използват различни типове преобразуватели, в това число: електродинамични, магнетострикционни, електростатични и пиезоелектрически [3].

Подходът при измерване на разстоянието на напълненост чрез ултразвукови вълни е следният. Кратък пакет от ултразвукови вълни се генерира от пиезоелектрически преобразувател, преминава през средата и при достигане до повърхността на обекта се отразява обратно и се детектира от приемника. Времето, изминало между излъчването и детекцията на ултразвуковите вълни се явява мярка за пътя на тези вълни и следователно за разстоянието до повърхността на обекта (фиг. 1). От икономична гледна точка е целесъобразно един и



Фиг 1

същи преобразувател да се използва като източник на лъчението и като приемник с електронно превключване на двете функции.

Основните фактори, от които зависи максималното разстояние на детекция (прозвучаване) са мощността на ултразвуковото лъчение, акустичния импеданс на средата, чувствителността на приемника и отразяването на обекта. Освен това максималното и минималното разстояние на детекция зависят от някои

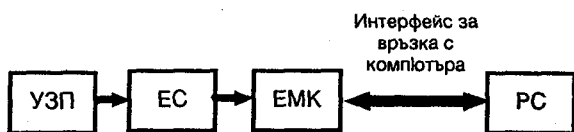
характеристики на измервателната система, които са специфични за конкретното приложение, като работна честота, насоченост, акустично съгласуване и затихване.

Материалът, който е най-подходящ за изработка на пиезоелектрическите преобразуватели е от системата ЦТС (PZT), изграден на основата на оловен цирконат-титанат. Този материал осигурява висока диелектрична константа и чувствителност, ниски температурни коефициенти и дългосрочна стабилност [5].

Времето за разпространение на излъчения и отразения ултразвуков сигнал е мярка за височината на запълване на силоза

(фиг. 1). Тя е равна на произведението от пътя, който изминава сигнала и звуковата скорост.

Скоростта на разпространение на звука във въздуха е около 331 m/s при 0°C и е зависима от честотата и въздушното налягане.



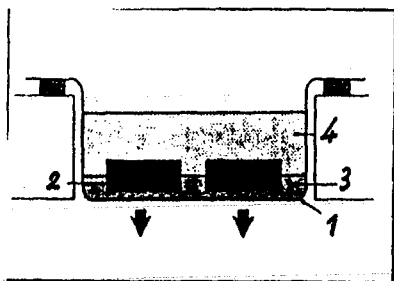
На фиг. 2 е показана примерна блокова схема на една ултразвукова измервателна система на ниво.

Фиг. 2

Въведените на фиг. 2 означения имат следния смисъл:

- УЗП - ултразвуков преобразувател (сензор) с предусилвател;
- ЕС - електронна схема;
- ЕМК - едночипов микрокомпютър;
- РС - персонален компютър.

УЗП се монтира върху резервоара или силоза чрез монтажен фланец, както е показано на фиг. 1. Сигналът, който се получава от сензора се усилва от усилвател, като стойността му е право пропорционална на запълването на съда. В предвид се взема обстоятелството, че се измерва не запълнената, а празната част от съда. Изходът на УЗП е свързан с входа на ЕС, а тя от своя страна с един от входно-изходните портове на ЕМК. Всеки извод на портовете на ЕМК може да се програмира поотделно. За връзка между ЕМК и РС е използван стандартен последователен обмен RS-422. Този стандарт се характеризира с най-голяма шумоустойчивост, възможност за работа с най-дълги свързващи линии и най-висока скорост на предаване в сравнение с останалите стандарти за последователен обмен. При него обмена е с диференциални входове и изходи. За да се намали влиянието на синфазните смущения се използва усукана двойка. Дължината на свързващите линии може да достигне до 1300 m, а скоростта на предаване до 10 мегабита в секунда [2].



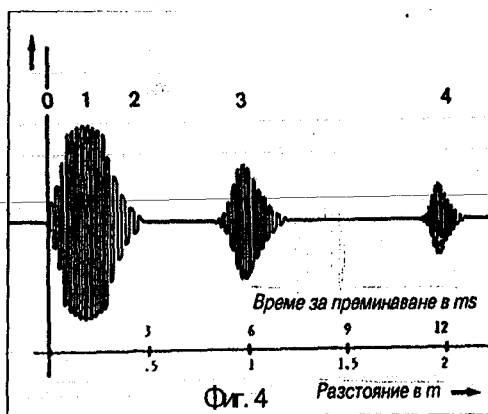
Фиг. 3

Изборът на стандарт за последователен обмен на данни е обоснован, тъй като ултразвуковият преобразувател за измерване на ниво в повечето от случаите ще работи в промишлени условия със силни смущаващи въздействия.

Сензорът се състои от измервателна мембрана 1, в която са закрепени един или няколко

пиезокерамични кристала 2 (фиг. 3), предназначени за излъчване и приемане на звука. На основата на обратния пиезоефект при наличие на електрическо напрежение в пиезокристалите се появява механично напрежение пораждащо механично движение, при което чрез мембраната се излъчват ултразвукови вълни. Достигайки до повърхността на материала или течността, които се измерват, ултразвуковите вълни се отразяват обратно и отново достигат до мембраната (фиг. 3), като въздейсват чрез съгласуващия слой на акустичните импеданси 3 на пиезокристалите 2. Тези отразени вълни се наричат още ехо-сигнал. На основата на правия пиезоефект, механичните напрежения предизвикани от отразените ултразвукови вълни се преобразуват в електрически сигнал, който постъпва на входа на усилвателя и се усилва до необходимата стойност. Разликата във времената между излъчвания сигнал и ехо-сигнала е времето за преминаване (двойната дължина на празната част на съда).

За да се получи високо затихване на осцилациите се препоръчват следните прийоми: (а) - използва се специфичен акустичен абсорбиращ слой 4 (демпфер) за премахване на акустичното отразяване и резонанси в обвивката 1, (б) - разделят се пиезокерамичните кристали от обвивката им и последната от нейната опора както е показано на фиг. 3. За тази цел мембраната се покрива с материал, който силно поглъща акустичната енергия. В този случай се получава константа на затихване от порядъка на 3 до 4 пъти.



Фиг. 4

Ако например в изходната верига на УЗП се включи осцилоскоп ще се наблюдава времедиagramата показана на фиг. 4.

Момент „0“ във времето - начало на излъчвания импулс. Чрез допълнително променливотоково захранване се привеждат пиезокристалите в трептене с честота равна на резонансната им. Импулсът се излъчва около 2 ms;

Момент „1“ във времето - край на излъчвания импулс. От този момент започва затихването на трептенето в резултат на механичната инертност на системата. Процесът продължава около 1 ms. След това се превключва, така че мембраната и пиезокристалът да могат да приемат ехо-сигнала;

Момент „2“ във времето - за 3 ms сигналът изминава около 1m. Това означава, че сензорът може да бъде поставен на разстояние 0,5 m

от отразяващата повърхност. Отражение от обект, намиращ се в така нареченото „блоково разстояние“, е възможно още по време на затихване на мембраната, така нареченото „първо ехо“ и не се възприема от усилвателя като ехо, отразяващо големината на напълване на съда. При добри условия за отражение „второто ехо“ може да бъде достатъчно силно и да отразява напълването на съда. Затова пространството на блокното отстояние трябва да бъде свободно от „неравности“ равняващи се на смущаващи ехо-сигнали. Блокното отстояние зависи от типа и от максималния измервателен обхват на сензора и е от порядъка 0,3 до 2 m. За максимално използване капацитета на резервоара ехосензорите се монтират много често върху съединителния крайник, които са с максимална дължина, равна на блокното отстояние;

Момент „3“ във времето - в този пример ехо-сигналят се връща след 6 ms, което означава, че общото отстояние е 2 m. Нивото на напълване се намира на разстояние 1 m от сензора;

Момент „4“ във времето - след още 6 ms се появява двойно ехо, или при много добри условия следва многократно появяващ се ехо-сигнал.

Тъй като повторното ехо е винаги с по-малка стойност от първото ехо, и се появява по-късно във времето, то не се обработва от измервателната система като измерителен сигнал. Последователността от импулси се определя от максималното измерително отстояние. Ако приемем, че измерителното разстояние е 20 m, то пътят на звука е 40 m.

$$\text{Времето на преминаване} = \frac{\text{Отстояние } 40 \text{ m}}{\text{Скорост } 331 \text{ m/s}} \approx 1/8 \text{ s}$$

Това означава, че честотата на излъчвания импулс в този пример е максимум 8 Hz.

Узп може да намери приложение за определяне количеството въглища в бункери, степента на зависимост на силози със зърнени култури, за регулиране на помпи и водни спирали в силно замърсена вода в канализацията или резервоари с много вискозни, лепкави вещества, като туткал, нефт, мазнини, тиня и други. Приложения УЗП може да намери в химическата промишленост, в хартиената промишленост, в синтетичното производство, за измерване в овдохранилищата на пречиствателни станции.

Една такава ехо-система може да се използва не само за определяне нивото на напълване, а и за измерване на разстояние например на пневматични цилиндри, измерване дебелината на ролката при навивачки за хартия, стомана, алуминий, определяне височината на пешеходни мостове и пристани при приливи и отливи, измерване разстояние пристан/параход и други.

Литература:

1. Каракехайов, З., С. Григоров. Едночипови микрокомпютри. С., Техника, 1992.
2. Иларионов, Р.Т. Компютърна периферия. Габрово, Алма Матер Интернационал, 1997.
3. Бабинов, О. И. Ултразвуков е прибор контрола. Л., Машиностроение, 1985.
4. Kleinschmidt, P., V. Magori. Ultrasonic remote sensors for noncontact object detection. Siemens Forsch. - u. Entwickl. - Ber. Bd. 10 (1981) Nr 2.
5. Славов, И. А. Първични преобразуватели. С., Техника, 1975.