

# УЛТРАЗВУКОВ СИГНАЛИЗАТОР ЗА НИВО НА ТЕЧНОСТ

Иван Симеонов Симеонов  
Технически Университет, Габрово

В много отрасли на промишлеността при различни технологични процеси, в селското стопанство, в бита и други за индикация, контрол и автоматизация се налага определянето на нива и наличие на течности в открити и закрити резервоари и обеми, включително и такива, намиращи се под повишено налягане и температура, както и да се определят разход на течност, протичаща по тръбопровод.

Разнообразните условия за експлоатация и изисквания в съчетание с различните физични и химични свойства на контролираните продукти обуславят широката гама от разновидности и модификации на измервателни и контролиращи уреди. За тази цел могат да се използват различни методи: поплавкови, радиоактивни, капацитивни, съпротивителни, оптични, ултразвукови и др.

Сигнализаторите за ниво на течност имат висока точност, проста конструкция и са удобни за работа. Състоят се от чувствителен елемент (преобразовател), закрепен на определено ниво вътре в обема и вторичен уред, преобразуващ постъпващата от преобразователя информация в сигнал за индикация или автоматично регулиране.

Поплавковите сигнализатори могат да осигурят относително висока точност. Техен недостатък се явява наличието на движещи се детайли. Поплавковите сигнализатори са непригодни за контрол на дизелово гориво, мазут и смоли, тъй като се получава залепване на течността към поплавъка. Освен това не могат да се използват за контрол нивото на течности с малка плътност, защото за осигуряване на плаващ поплавък е необходимо течността да има плътност по-голяма от 0,1 g/cm.

Термоелектричните сигнализатори се основават на изменение топлоотдаването, вследствие на различната топлопроводност на течността и газа. В качеството на преобразователи, могат да бъдат използвани съпротивителни термометри, термистори и термодвойки. Въпреки простата си конструкция, тяхната голяма инерционност ограничава използването им.

Манометричните сигнализатори използват факта, че ако на куха тръба, единият край на която е съединен с манометър, се отпусне другият на загадено ниво, то след съприкосновението ѝ с течността при повишаване на нивото, рязко ще се измени налягането, фиксирано от манометъра. Тези сигнализатори имат ниска точност -  $(10 \pm 30)\text{mm}$ . Освен това при този метод се затруднява възможността за телеметрично предаване на показанията.

Радиоактивните сигнализатори са основани на различната степен на поглъщане на видовете лъчения в течността и газа. При това те могат да бъдат сигнализатори, използващи  $\beta$  и  $\gamma$  лъчения, а също така и сигнализатори за ниво на бързи неутрони. Затрудненията в експлоатацията и възможната опасност за обслужващия персонал, сложната конструкция и неголямата точност, възпрепятствуват разпространението на този тип сигнализатори.

Капацитивните сигнализатори използват капацитивния метод, основаващ се на разликата между относителната диелектрична проницаемост на течността и газа.

Към недостатъците на капацитивните сигнализатори могат да се отнесат: невъзможност за използването им в редица случаи, при неголяма разлика между относителните диелектрични проницаемости на течността и газа; трудност при използване за контрол на ниво на електролити, в частност за контрол нивото на солена вода, тъй като "засоляването" на преобразователя довежда до лъжливи сработвания; конструктивни и схемни ограничения, като малка дължина на кабела от преобразователя до електронния блок, възможност за разбалансиране на измервателния мост от изменение на електрическите свойства на течността; необходимост от сложни схеми за термокомпенсация за изключване на грешки, свързани с изменение на относителната диелектрична проницаемост на течността при промяна на температурата.

Оптичните сигнализатори използват прибор, в който източник на светлина и фотоприемник са свързани помежду си електрически и оптически по определен начин и са конструктивно обединени в един корпус [7]. Независимо от многото достоинства, този тип сигнализатори имат и следните недостатъци, ограничаващи тяхното използване, а именно: в оптическия диапазон вълните са подложени на силно затихване в зависимост от състоянието на атмосферата (дъжд, мъгла, сняг, прах и др.). Запрашеността и замърсяването на оптическите лещи с гориво-смазочни и други материали силно се отразяват на нормалното функциониране на сигнализаторите. От друга страна при слънчево време на открито или в осветени помещения при движение на добре отразяващи

светлината повърхности във фотоприемника попадат отражения във вид на "слънчеви зайчета" в резултат на което се получават лъжливи сработвания [6].

Ултразвуковите сигнализатори (УЗС) представляват комбинация от пиезоелемент (преобразувател, чувствителен елемент) и подходяща електронна схема. Различават се сигнализатори действащи на принципа на демпфирането който се заключава в изменение на акустичното съпротивление или качествен фактор на преобразователя и сигнализатори, основани на принципа на прозвучаването, заключаващ се в изменение енергията на ултразвуковата вълна, при преминаването ѝ през среди с различно акустично съпротивление.

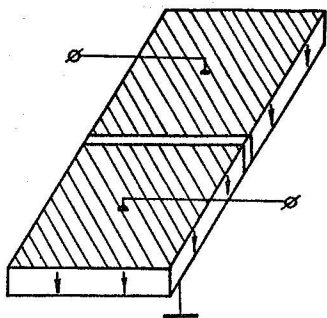
УЗС на ниво са универсални при контрол на всякакъв вид течности: прозрачни и оптически непрозрачни; пожароопасни и взривоопасни; агресивни; електропроводящи и неелектропроводящи. Пиезоелектричните преобразователи се характеризират с висока шумозащитеност, повишена радиационна устойчивост, технологичност, пожаро- и взривобезопасни [5]. Поради това, че в приборите отсъствуват механически движещи се елементи и детайли, се обезпечава тяхната експлоатационна надеждност и дълговечност. Към предимствата на УЗС следва да се отнесат: проста конструкция и липса на необходимост от каквато и да е настройка в периода на експлоатация; устойчивост на удари и вибрации в широк диапазон на температура и налягане; висока точност и бърздействие.

Тези предимства са допринесли за внедряването на УЗС в химическата промишленост (контрол нивото на бензин, керосин, нефт, дизелово гориво, мазут, киселина, лак); в хранителната и фармацевтична промишленост (контрол нивото на сокове, масла, млечни продукти, емулсии, одеколони); в речния и морския транспорт (контролиране нивото на питейна вода, смазочни масла, фреони); в криогенната техника (контрол нивото на кислород, водород, азот) и др.

Като чувствителен елемент за реализация на УЗС е използван пиезоелектрически трансформатор (ПТ) представляващ твърдо тяло, в което с помощта на електрическо напрежение се възбуждат механични трептения. Тези трептения на изхода на ПТ се преобразуват отново в електрически сигнали. Правото и обратно преобразуване на електрическата енергия се осъществява за сметка на правия и обратен пиезоэффект, който се наблюдава в някои диелектрици. Принципът на действие на ПТ се състои в двойното електромеханично преобразуване. Всеки ПТ съдържа възбудителна и генераторна секция. Тази част от него, която се включва към източника на електрически сигнал се нарича възбудителна секция, а тази която се включва към товара-генераторна секция. Коэффициентът на трансформация има максимална стойност при резонансната

честота на ПТ.

В настоящата работа е използван ПТ от напречно-напречен тип, който е показан на фиг.1. [3].

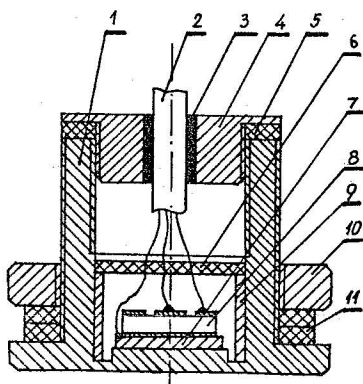


Фиг.1.

От избора на конструктивен вариант на пиезопреобразователя зависи стабилността и надеждността на цялата система. За това е необходимо да се отчетат всички фактори, които влияят върху конструкцията и тогава да се избере оптимален вариант. Най-важни от тези фактори са: средата, в която ще работи УЗС на ниво и нейните специфични характеристики; конструктивни и технологични изисквания; степен на защита по БДС, акустични характеристики и др.

Особено внимание трябва да се обърне на създаването на надеждни акустични и електрически контакти, изборът на пиезокерамичен материал, поляризацията на пиезопластината и начина на нейното закрепване.

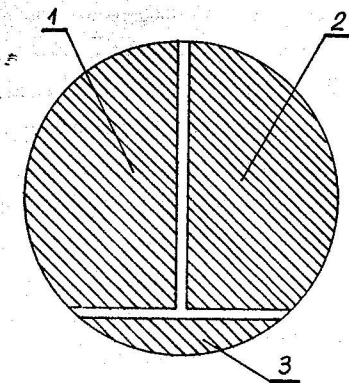
Като краен вариант за чувствителен елемент на сигнализатора е предложена конструкцията показана на фиг.2.



Фиг.2.

- 1-корпус; 2-проводник; 3-уплътнение;
- 4-капачка; 5-уплътнение; 6-стъклотек-
- столитна платка; 7-алуминиева платина;
- 8-ПТ; 9-подложка; 10-гайка и 11-уплътнение.

При тази конструкция пиезотрансформаторният елемент (фиг.3.) е изработен от българска пиезокерамика тип ПКМ-Опиезокерамика на основата на твърди разтвори от оловен цирконат-титанат-РЗТ, ЦТС с форма на диск с диаметър  $\phi 10$  mm и дебелина 1 mm.



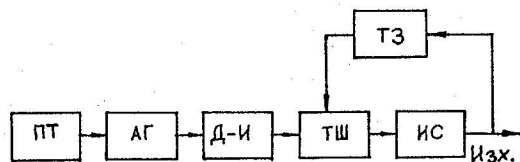
- 1-възбудителен електрод;
- 2-генераторен електрод;
- 3-общ електрод.

Фиг.3

Синтезираната принципна схема на УЗС за ниво на точност е показана на фиг. 5.

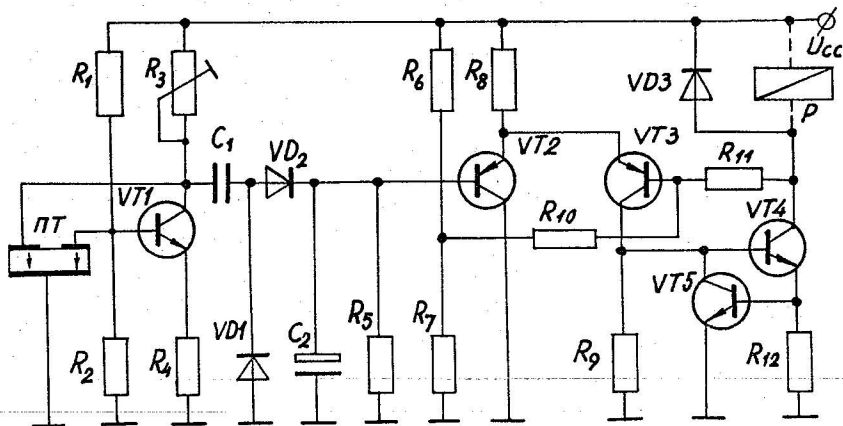
Елементът е залепен с помощта на диелектрично лепило "Каноконлит Е" върху метална пластина, която от своя страна е залепена върху дуралуминиевата основа на корпуса. Конструкцията на ултразвуковият преобразувател е уплътнена за осигуряване степен на защита IP67.

Един възможен вариант на блокова схема на УЗС е показана на фиг.4.



Фиг.4

ПТ-пиезотрансформатор; АГ-автогенератор; Д-И-детектор-интегратор; ТШ-тригер на Шмит; ИС-изходно стъпало; ТЗ-токова защита.



Фиг.5.

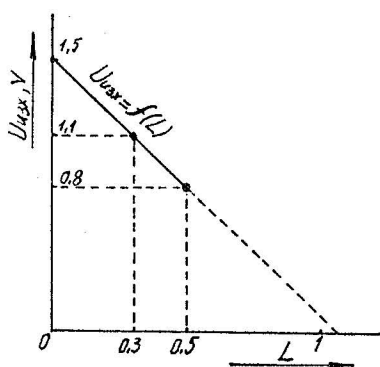
Захранващото напрежение на схемата е  $U_{св} = 12V$ .

Ултразвуковият преобразувател може да се монтира хоризонтално, вертикално или под някакъв ъгъл спрямо повърхността на контролираната течност.

За изследваната схема експерименталните резултати са поместени в таблица 1. Чувствителният елемент е поставен хоризонтално спрямо повърхността на изследваната течност. За проведеното изследване в качеството си на течност е използвана вода. Снета е зависимостта на големината на аналоговия сигнал на изхода на АГ ( $U_{изх.}$ ) от разстоянието на чувствителния елемент до водата ( $l$ ). Зависимостта  $U_{изх.} = f(l)$  е показана на фиг.6.

Таблица 1

|                      |                    |                       |                                  |                                  |                                     |
|----------------------|--------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| $\angle$<br>ПОТАПЯНЕ | НАД<br>ВОДАТА      | ПРИ ДОПЪР<br>С ВОДАТА | 0,3 ОТ Ч. ЕЛЕМЕНТ<br>Е ОТ ВОДАТА | 0,5 ОТ Ч. ЕЛЕМЕНТ<br>Е ОТ ВОДАТА | Ч. ЕЛЕМЕНТ<br>Е ПОТОПЕН<br>В ВОДАТА |
|                      | ЧУВСТВ.<br>ЕЛЕМЕНТ | [ ]                   | [ ]                              | [ ]                              | [ ]                                 |
|                      | ВОДА               | ВОДА                  | ВОДА                             | ВОДА                             | ВОДА                                |
| $U_{изх.}, V$        | 1,8                | 1,5                   | 1,1                              | 0,8                              | 0                                   |



Фиг.6.

#### ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

1. Бабиков, О. Контроль уровня с помощью ультразвука. М., Энергия, 1986.
2. Бабиков, О. Ультразвуковые приборы контроля. М., Машиностроение, 1986.
3. Лавриненко, В. Пьезоэлектрические трансформаторы. М., Энергия, 1975.
4. Малов, В.В. Пьезорезонансные датчики. М., Энергия, 1978.
5. Ерофеев, А.А. Пьезоэлектронные устройства автоматики. Ленинград, Машиностроение, 1982.
6. Шелухин, В.И. Датчики измерения и контроля устройств железнодорожного транспорта. М., Транспорт, 1990.
7. Колев, И., Т. Тодоров. Оптрони и приложението им. С., Техника, 1982.

## LIQUID LEVEL ULTRASONIC SENSOR

*Ivan Simeonov Simeonov*

*Technical University, Gabrovo, Bulgaria*

This paper presents development, scientific research and application of an ultrasonic piezoelectric sensor intended for measuring of level and presence of liquids. Due to recent wider spread of converters based on controllable piezoelectric resonators, the aim of this paper is to make analysis of the equivalent circuit of the piezoresonator used and to synthesize and investigate a principal electric circuit of an ultrasonic sensor.

The development allows sampling and control of level and presence of liquids in wide range of technological processes, house hold, agriculture, etc.