

## 10.0 Senzor protoka

### 10.1 Ultrazvuk kombinovan sa piezo keramikom

Proizvodjači senzora protoka su radili na alternativnim tehnikama zamene mehaničkog principa. Istraživanje i razvoj u Kamstrup-u dokazali su da je ultrazvučno merenje najpodesnije rešenje. U kombinaciji sa mikroprocesorskim tehnologijama i piezo keramikom, ultrazvučno merenje nije samo tačno, već i pouzdano.

### 10.2 Principi

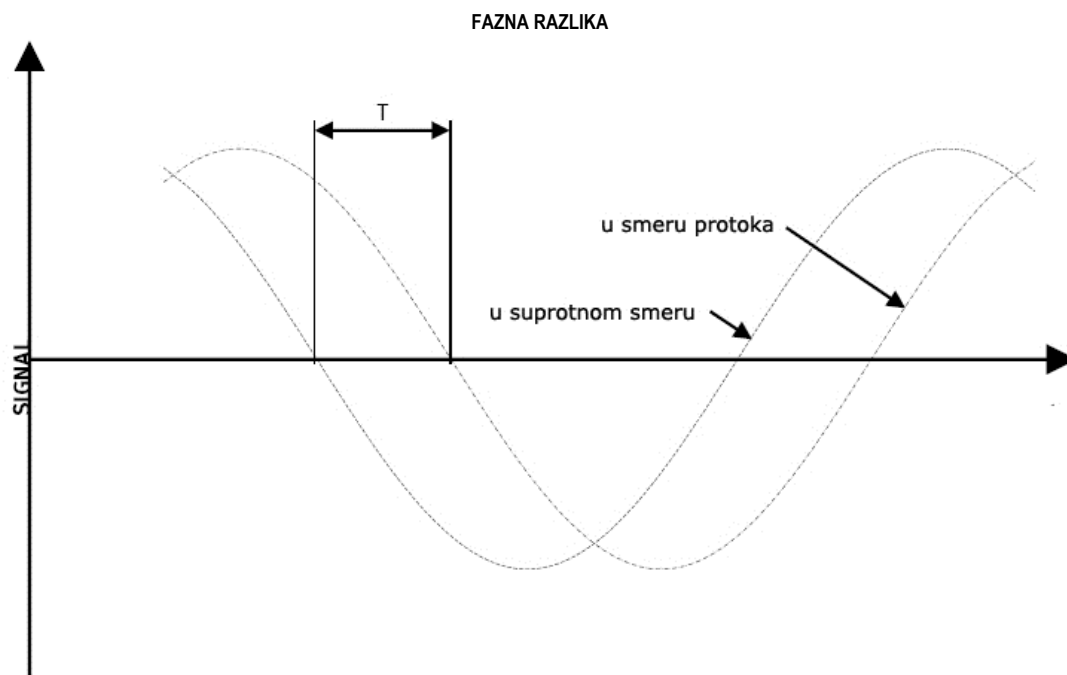
Debljina piezo keramičkog elementa menja se kada je izložen električnom polju (naponu). Kada se na element utiče mehanički, generiše se odgovarajuće naelektrisanje. Dakle, piezo keramički element može da funkcioniše i kao pošiljalac i kao primalac.

U okviru ultrazvučnog merenja protoka postoje dva glavna principa: metod prolaznog vremena i Doplerov metod.

Doplerov metod se zasniva na promeni frekvencije koja se javlja kada se zvuk reflektuje putem pokretnih čestica. Veoma sličan efekat možete osetiti kada automobil prodje pored vas. Zvuk (frekvencija) opada kako se automobil udaljuje.

### 10.3 Metod prolaznog vremena

Metod prolaznog vremena koji se koristi u MULTICAL®21 merilu koristi činjenicu da ultrazvučni signal, koji je poslat u suprotnom smeru od toka, duže putuje od pošiljaoca do primaoca, nego signal poslat u smeru protoka. Razlika prolaznog vremena u senzoru protoka je veoma mala (nanosekunde). Stoga, da bi se postigla neophodna tačnost, vremenska razlika se meri kao fazna razlika između dva zvučna signala od 1 MHz.



U principu, protok se utvrđuje merenjem brzine protoka i njenim množenjem sa mernim područjem cevi:

$$Q = F \times A$$

gde je:  $Q$  protok  
 $F$  brzina protoka  
 $A$  merno područje cevi

Površina i dužina putovanja signala u senzoru su dobro poznati faktori. Dužina putovanja signala može se izraziti kao:

$$L = T \times V$$

ali se može napisati i ovako:

$$T = \frac{L}{V}$$

gde je:  $L$  dužina merenja  
 $V$  brzina prostiranja zvuka  
 $T$  vreme

$$\Delta T = L \times \left( \frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right)$$

U vezi sa ultrazvučnim sensorima protoka brzine  $V_1$  i  $V_2$  mogu se izraziti kao :

$$V_1 = C - F$$

$$V_2 = C + F$$

gde je:  $C$  brzina zvuka u vodi.

Koristeći prethodnu formulu dobijamo:

$$\Delta T = L \times \frac{1}{C - F} - \frac{1}{C + F}$$

što se takodje može napisati i kao:

$$\Delta T = L \times \frac{(C + F) - (C - F)}{(C - F) \times (C + F)}$$

⇓

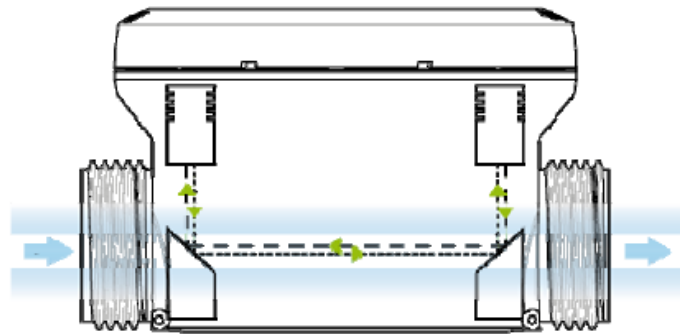
$$\Delta T = L \times \frac{2F}{C^2 - F^2}$$

Budući da je  $C \gg F$ ,  $F^2$  može biti izostavljeno, pa se formula smanjuje kako sledi:

$$F = \frac{\Delta T \times C^2}{L \times 2}$$

Da bi se umanjio uticaj varijacija brzine zvuka u vodi radi se niz merenja apsolutnog vremena između dva transduktora. Ova merenja se zatim pretvaraju, pomoću ugrađenog ASIC, u trenutnu brzinu zvuka, koja se koristi za kalkulaciju protoka.

#### 10.4 Putevi signala



##### Paralelno merenje

Zvučni signal koji putuje kroz mernu cev i šalje se sa transduktora, a pomoću reflektora.

#### Sekvence merenja

Tokom merenja protoka MULTICAL®21 prolazi kroz niz sekvenci, koje se ponavljaju u određenim intervalima. Odstupanja se javljaju samo kada je merilo u test modu i kada povezujete napajanje tokom inicijalizacije/start-up.

#### 10.5 Ograničenja protoka

U radnom opsegu merila od "min prekida/*min cut-off*" do zasićenja/udara "max prekida/*max cut-off*", protok kroz merilo će biti registrovan sa tačnošću koja se pridržava OIML R 49 u bilo kom trenutku.

Ako protok premaši "max cut-off" vrednost, MULTICAL®21 beleži konstantan protok. Ako je vrednost protoka niža od "min cut-off" vrednosti, MULTICAL®21 neće registrovati nikakav protok.

U radnom opsegu merila od "min cut-off" do "max cut-off" vrednosti, postoji linearna veza između količine vode koja je prošla kroz merilo i izmerenog protoka vode.

U praksi, najveći mogući protok vode kroz merilo će biti ograničen pritiskom u sistemu ili kavitacijom zbog suviše niskog nivoa pritiska.

Prema OIML R 49, gornje ograničenje protoka  $Q_4$  je najveći protok, pri kome merilo protoka može da radi kratak period bez prekoračenja maksimalno dozvoljene greške. MULTICAL®21 nema funkcionalnih ograničenja tokom perioda u kome merilo radi iznad  $Q_4$ . Međutim, imajte na umu, da velike brzine protoka  $> Q_4$  povlače sa sobom i rizik od kavitacije, posebno pri niskim statičkim pritiscima ispod 0,03 MPa (0,3 bara).