

Snímače průtoku kapalin rychlostní snímače

Snímače průtoku tekutin (tj. kapalin a plynů) určují objemové množství Q_V [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] nebo hmotnostní množství Q_M [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$] tekutiny proteklé zvoleným průřezem S za časovou jednotku.

$$Q_M = m/t \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}]$$

$$Q_V = V/t \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$$

$$Q_V = v_{\text{stř}} \cdot S \cdot \rho \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}]$$

$$Q_V = v_{\text{stř}} \cdot S \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$$

Snímače můžeme rozdělit do tří skupin – **rychlostní snímače** – průřezové (průtokové se škrťacími orgány), plovákové (s proměnným průřezem), turbínkové, indukční, ultrazvukové, vírové, tepelné
– **objemové snímače** – dávkovací, plynoměry
– **hmotnostní snímače** – Coriolisův snímač

Rychlostní snímače – vyhodnocují průtok nepřímým měřením střední rychlosti proudu tekutiny. Ta závisí na rychlostním profilu a typu proudění na Reynoldsově číslu Re . Výsledky měření průtoků se přepočítávají na vztažný stav, pro který byl snímač nastaven nebo pro referenční normálové podmínky.

$$\zeta_0 = 0^\circ\text{C} \quad p_t = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$K \text{ přepočtu se používá stavové rovnice ve tvaru: } V_0 = V \cdot T_0/T \cdot P/P_0 \quad [\text{m}^3]$$

Pro vlhké plyny a páru je třeba k určení stavových veličin termodynamické tabulky.

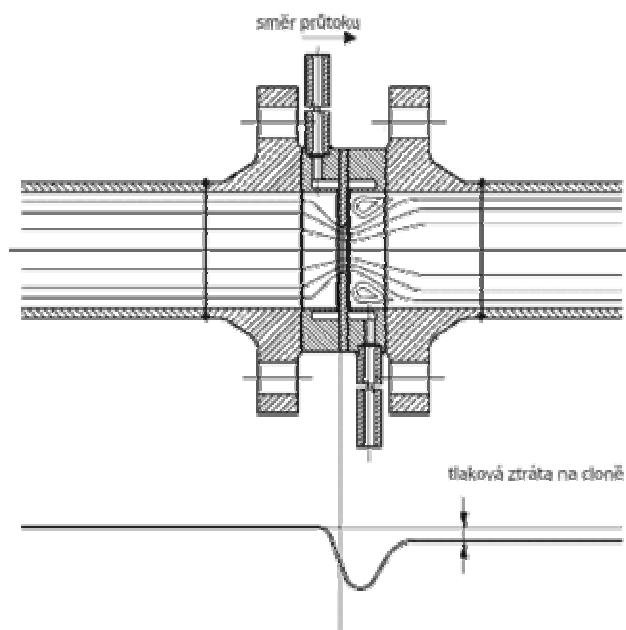
Průřezové snímače - clony – základním principem

je měření průtoku zjišťováním poklesu tlaku vzniklého zvýšením rychlosti ve zúženém místě potrubí (clonou). Princip vychází z Bernoulliho rovnice.

$$S \cdot v_1 = S_0 \cdot v_2$$

$$\pi D^2/4 \cdot v_1 = \pi d^2/4 \cdot v_2$$

Centrická clona s bodovými odběry tlakové difference



Za clonou je tlak nižší a vyšší rychlost. Po čase se tlak vyrovná. Rozdíl je způsoben ztrátami.

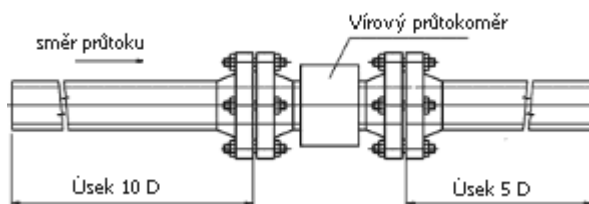
$$Q_V = \alpha \cdot \varepsilon \cdot D^2 \cdot m \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (p_1 - p_2)}{\rho}}$$

$$Q_M = \alpha \cdot \varepsilon \cdot D^2 \cdot m \cdot \sqrt{2 \cdot (p_1 - p_2) \cdot \rho}$$

$$m = \frac{S_0}{S} = \frac{d^2}{D^2}$$

α - průtokový součinitel, ε - součinitel expanze, m - poměrný průtočný průřez

Je však nutné dodržet minimální přímé úseky potrubí před a za clonou (stabilizaci toku)!!!!

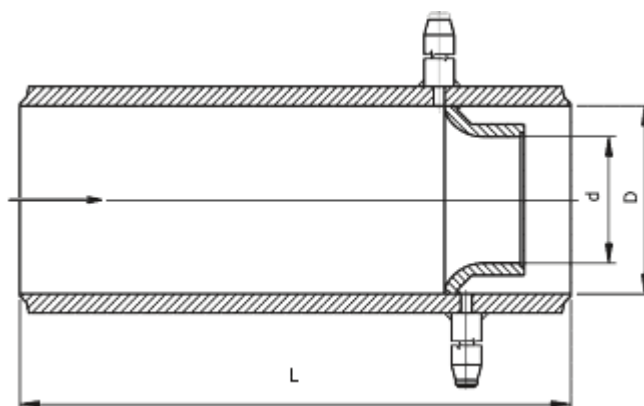


Kruhové centrické clony jsou nejjednodušší, nejpoužívanější, mají však velkou ztrátu. Požadují čisté kapaliny, pro D větší než 50mm jsou normalizované. Jsou použitelné pro průtok větší než 20% maximálního průtoku Q_{\max} .

Dýza má větší přesnost, stálost a delší životnost. Tlaková ztráta je přibližně stejná jako u clon.

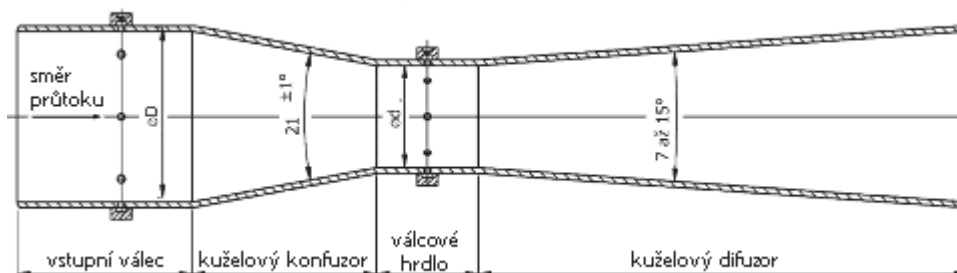


Dýza ISA 1932 ve vevařovaném provedení s bodovými odběry tlakové diference



Schema dýzy ISA 1932 ve vevařovaném provedení s bodovými odběry tlakové diference

Venturiho dýza (krátká) – je v podstatě dýza doplněná kuželovým difuzorem, má minimální ztráty
Venturiho trubice má difúzor prodloužený až na průměr potrubí, má nejmenší ztráty a je velice přesná.



Schema Venturiho trubice



Venturiho trubice DN 80



venturiho trubice

Původní způsob montáže systému měření

1. Zdroj diferenčního tlaku

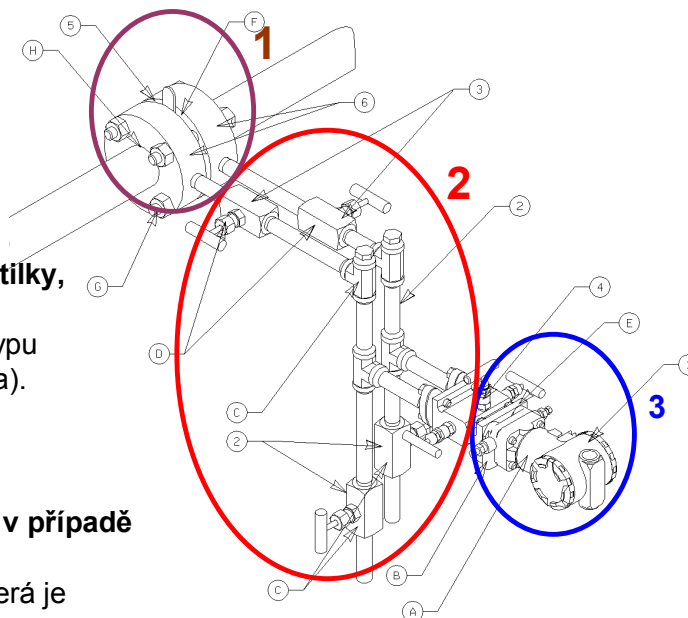
Clona a příruby
veškerá montáž
prováděna na stavbě

2. Systém propojení

Imp. potrubí, uzavírací ventily,
ventilová souprava
Způsob instalace závisí na typu
aplikace (plyn, kapalina, pára).

3. Převodník

Jednoduchý převodník (tři v případě
kompenzace průtoku)
Typická montáž ve výšce, která je
přístupná pro servis.

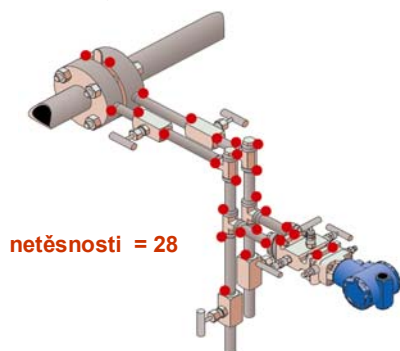


PlantWeb
By FISHER-ROSEMOUNT

Přímá montáž průtokoměrů

Redukce potenciálních netěsností - větší než 50%

Obvyklá instalace



netěsnosti = 28

- Impulzní potrubí 3 až 6 m obsahuje několik záhybů.
- Větší pravděpodobnost výskytu netěsností a možnosti zanešení

Přímá montáž

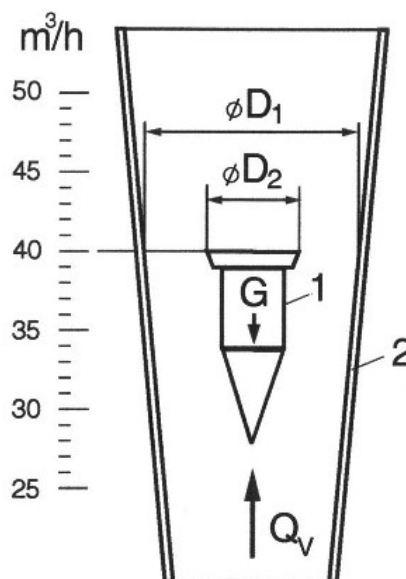


netěsnosti = 6

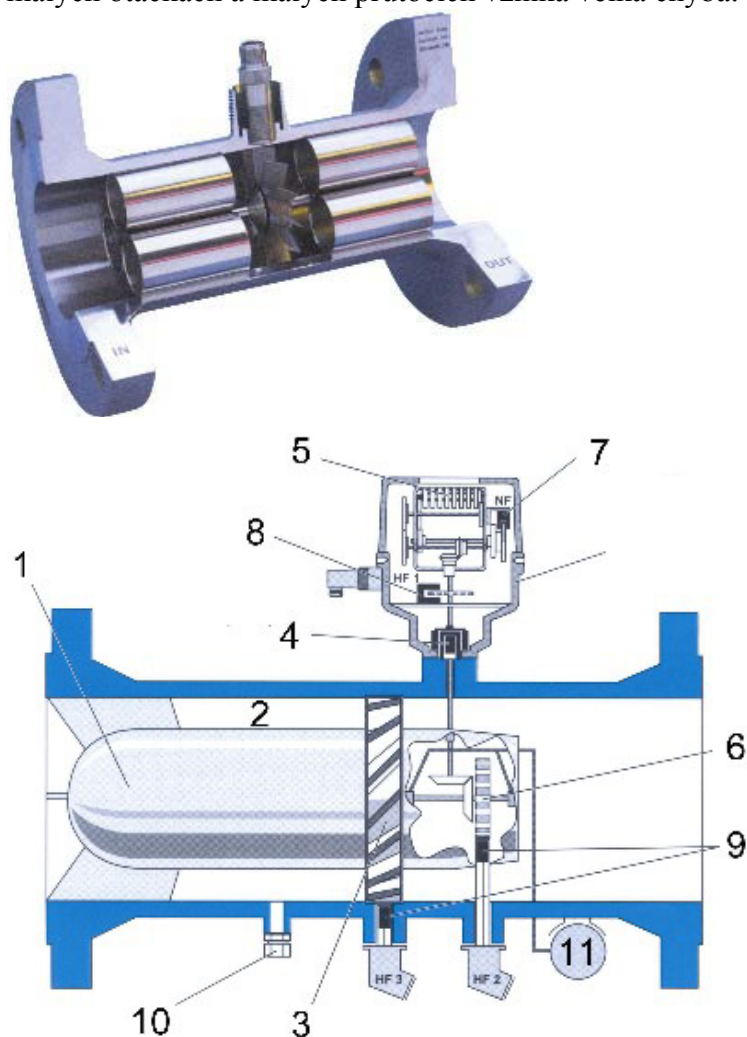
- Převodník je přímo smontován se zdrojem dif. tlaku (max. 30cm) přímým vedením.
- Redukce možného vzniku netěsností příp. zanešení.

PlantWeb
By FISHER-ROSEMOUNT

Plovákové průtokoměry – rotametr – proudící tekutina v rotametrové trubce unáší rotující plovák různých tvarů ten se ustálí v určité rovnovážné poloze kdy se $F_{dyn} = G - F_{vzt}$. Výška se vyhodnocuje různými snímači polohy např. transformátorovým snímačem. Výška závisí na rychlosti proudící tekutiny v^2 , na hustotě kapaliny, na tvaru plováku i trubky.



Měřič spotřeby tepla s PT100



Řez axiálního turbínového plynoměru

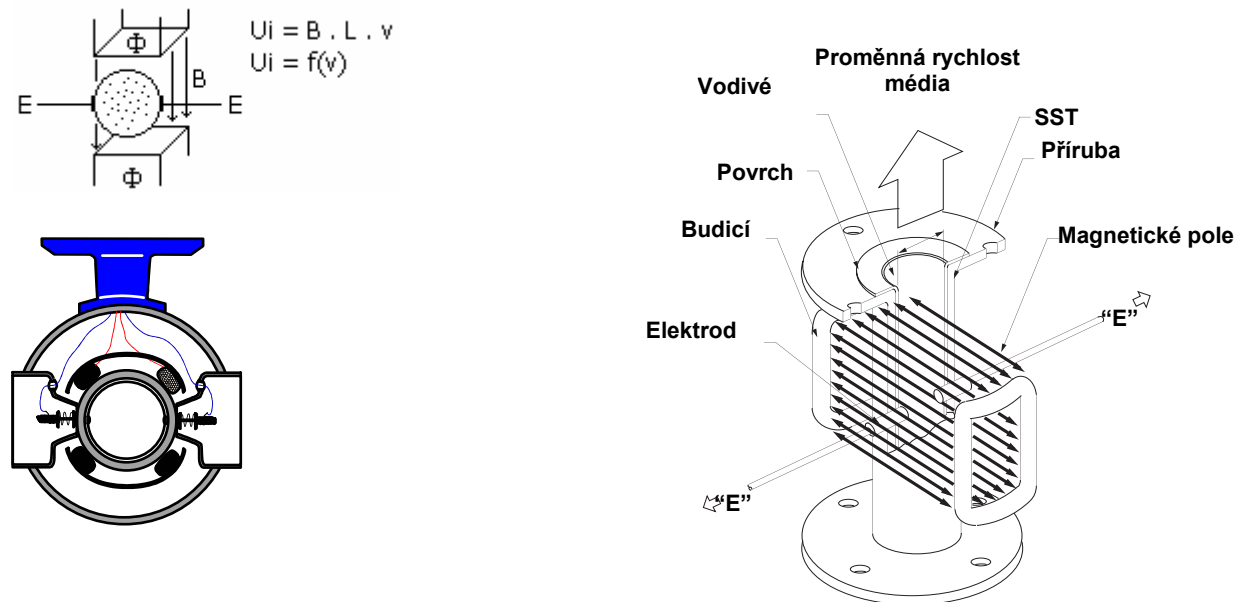
Legenda: 1 – usměrňovač proudění; 2 – vtokový kanál;
3 – turbínové kolo; 4 – magnetická spojka; 5 – počítadlo;
6 – referenční kolo; 7 – nízkofrekvenční výstup NF;
8 – vysokofrekvenční výstup HF1; 9 – vysokofrekvenční výstupy HF2 z referenčního kola a HF3 z turbínového kola; 10 – výstup měření tlaku pr ; 11 – olejová pumpa



Vodoměr

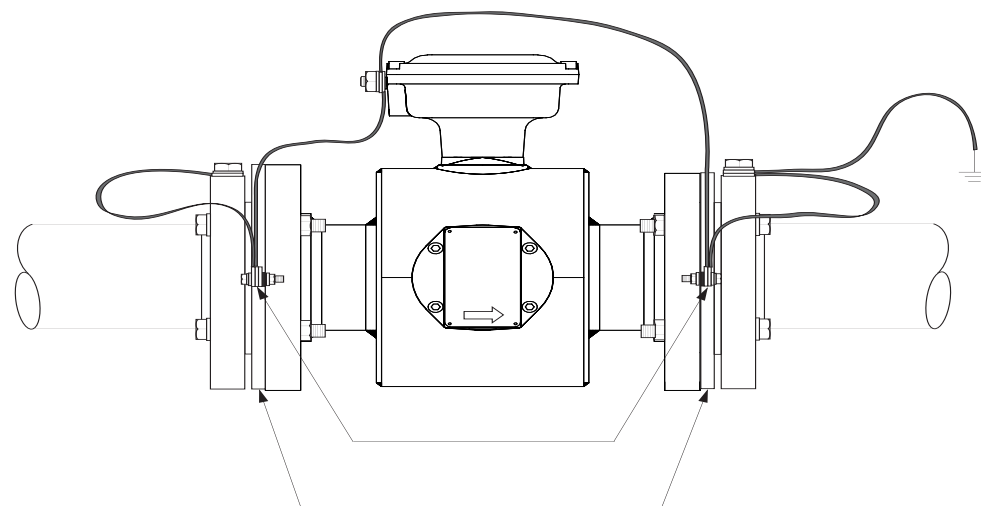
Indukční průtokoměr – proudící kapalinu si lze představit jako paralelně řazená proudová vlákna s délkou l (šířka pod pólovými nástavci.) V rovině kolmé k magnetickému poli a kolmé k proudovým vláknům se indukuje dle Faradayova zákona U_i . Magnetický obvod se nesmí napájet střídavým ani stejnosměrným proudem, ale impulsním napětím a měří se amplitudy indukovaných impulsů.

Výhodou je, že neobsahuje žádné pohyblivé prvky může pracovat v libovolné poloze, nevyžaduje přímý úsek pro stabilizaci průtoku, nevzniká v něm tlaková ztráta. Přesnost 1%.



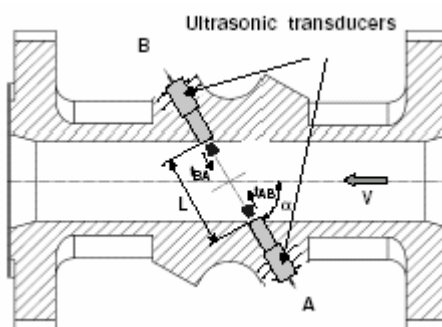
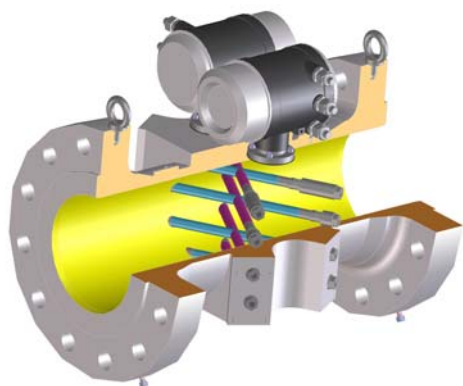
Průtokoměr je tvořen nemagnetickou nekovovou trubkou, opatřenou izolační vložkou.

Proto je důležité vodivé spojení a zemnění !



Ultrazvukový průtokoměr – vyhodnocuje signály na základě změn šíření ultrazvukových vln při pohybu ve směru a proti směru proudění kapaliny. U spojitých vln vznikají rozdíly fáze nebo frekvence na základě Dopplerova jevu, u impulsových signálů se měří časové rozdíly při obousměrném průchodu impulsů. Je tedy potřeba ultrazvukový generátor, vysílač a přijímač.

Přednost snímače je, že nemá pohyblivé prvky, můžou se měřit i znečištěná media. Neuplatňují se chyby vlivu teploty a tlaku. Vyžaduje však zcela zaplněné potrubí a přímé úseky se stabilizací průtoku.



$$v_p = \frac{L}{2 \cos \alpha} \cdot \left(\frac{1}{t_{AB}} - \frac{1}{t_{BA}} \right)$$

$$Q_V = S \cdot v_p = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot v_p$$

Princip a senzory ultrazvuku



Aplikační použití v praxi

Výhody ultrazvukových průtokoměrů:

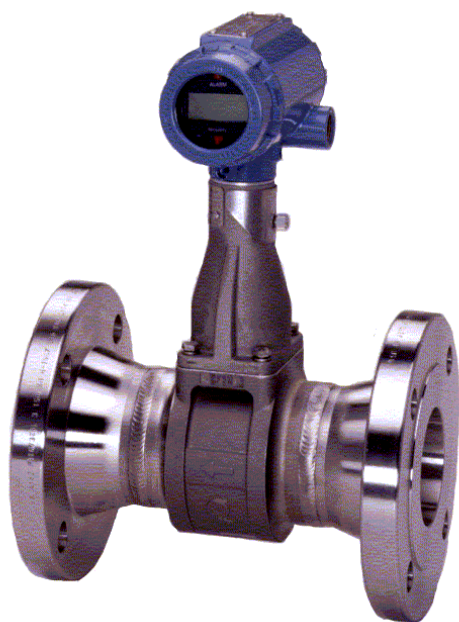
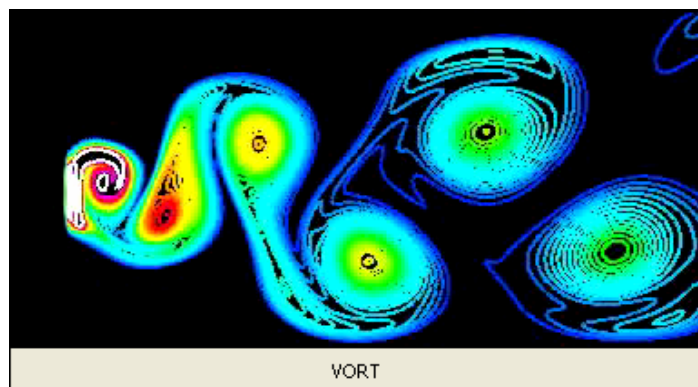
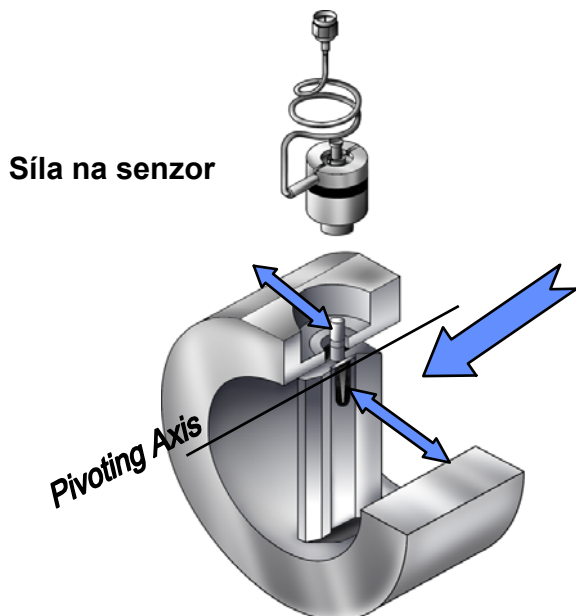
- jsou vhodné pro měření malých i velkých průtoků
- dosahovaná dobrá přesnost měření
- bezdotykové měření průtoku
- nezvyšují tlakovou ztrátu
- nemají pohyblivé části
- vyžadují jen zanedbatelný elektrický příkon
- poskytují elektrický výstupní signál
- umožňují obousměrné měření

- pracují v širokém rozsahu tlakových a teplotních podmínek

Nevýhody ultrazvukových průtokoměrů:

- složité elektronické vyhodnocovací zařízení
- nutná korekce na tvar rychlostního profilu a na Reynoldsovo číslo ReD
- nutnost dlouhých usměrňovacích potrubí

Vírový průtokoměr – založen na *von Karmanově efektu*, využívá vzniku vírů a tím tlakových pulzací na překážce zpravidla lichoběžníkového tvaru vloženého do proudu tekutiny. Na odtokové straně překážky dochází ke spirálovitému pohybu tekutiny a tím vzniku střídavého obtékání překážky. Frekvence oscilací je úměrná rychlosti tekutiny. Detekce frekvence vírů se provádí tenzometrickými nebo piezoelektrickými nebo kapacitními snímači tlaku.



Vírový průtokoměr



Rychlostní průtokoměr (sonda)

Rychlostní průtokoměr (sonda)

Na rozdíl od vírového se místo tlakových pulsů vyhodnocuje tlaková diference, která je dána rozdílem tlaku celkového a tlaku statického za sondou (v úplavu).

Tento diferenční tlak je přímo úměrný druhé mocnině rychlosti průtoku a je závislý na hustotě média.

Anemometrický průtokoměr – principem je zahřáté těleso vložené do proudu tekutiny, která ho ochlazuje. Čím větší průtok tím bude chladnější. Měření se provádí na odporovém můstku. Změna průtoku Q_M způsobí změnu odvodu tepla a tím poruší rovnováhu můstku. Napětí U_{AB} vyvolá přes zesilovač úpravu I_T a znovunastavení rovnováhy můstku.