

SOFTWARE FOR MEASURING TRACK

Stanislav Pikula

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xpikul00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Soňa Šedivá

E-mail: sediva@feec.vutbr.cz

Abstract: Introduction to flow measurement by orifice plate and flow velocity measurement by pitot tube principle (annubar). Description of measuring software made in LabVIEW environment. Software is designed to measure and record flow and fluid properties in measuring track. The goal is to verify or estimate annubar coefficient which converts annubar's differential pressure to flow velocity.

Keywords: Annubar, Orifice plate, Flow measurement, LabVIEW

1 ÚVOD

Pro měření objemového průtoku v potrubí se používají víceotvorové rychlostní sondy. Měřený diferenční tlak se pomocí součinitele sondy přepočítává na střední rychlost proudění. Měřicí trať, pro kterou má být software navržen, má za úkol buď stanovit neznámý součinitel sondy nebo ověřit jeho hodnotu udávanou výrobcem. Aby mohl být stanoven součinitel sondy, je potřebné znát, tedy měřit, parametry média a proudění uvnitř potrubí.

2 MĚŘICÍ TRATĚ

V měřicí trati na ÚAMT FEKT VUT je proudícím médiem suchý vzduch. Z důvodu zjištění parametrů proudění a média je nutné zjistit hustotu, viskozitu, průtok a Reynoldsovo číslo. Z těchto důvodů je v potrubí zabudována přesná normalizovaná clona se známými parametry a snímač teploty Pt100. Před těmito snímači je v potrubí umístěna víceotvorová rychlostní sonda pro měření střední rychlosti tekutiny. V aktuální sestavě není přítomen snímač statického tlaku. Statický tlak je ovšem známý a zadává se jako parametr měření.

2.1 NORMALIZOVANÁ CLONA

Clona je škrticí člen, kdy měřením rozdílu tlaků bezprostředně před a za členem dokážeme určit objemový průtok. Když známe parametry potrubí, média a clony, aplikujeme vzorec [1]:

$$q_v = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (1)$$

Kde C [-] je součinitel průtoku, β [-] poměr průměru potrubí a clony, ε [-] součinitel expanze, Δp [Pa] diferenční tlak před a za clonou a nakonec ρ [$kg \cdot m^{-3}$] hustota média. První tři hodnoty jsou parametry clony a potrubí. Diferenční tlak je měřen na cloně a hustotu lze vypočítat z tlaku a teploty.

2.2 VÍCEOTVOROVÁ RYCHLOSTNÍ SONDA

Rychlostní sonda funguje na principu složitější Pitotovy trubice. Využívá principu závislosti dynamického tlaku v potrubí na rychlosti proudění. Snímáním tlaků v několika otvorech (jak na náporové,

tak na úplavové straně) se získává diferenční tlak odpovídající střední rychlosti tekutiny. Příkladem vzorce charakterizující vztah střední rychlosti a diferenčního tlaku na sondě může být [2]:

$$\Delta p = \frac{\rho}{2000} \left(\frac{v}{k} \right)^2 \quad [Pa] \quad (2)$$

Kde k [-] je bezrozměrný součinitel sondy, Δp [Pa] diferenční tlak udávaný rychlostní sondou, ρ [$kg \cdot m^{-3}$] hustota tekutiny a v [$m \cdot s^{-1}$] střední rychlost proudění. Pro převod diferenčního tlaku, který sonda měří, na střední rychlost tedy potřebujeme znát součinitel sondy. Tento součinitel lze vypočítat, pokud známe diferenční tlak na sondě a teoretickou hodnotu střední rychlosti proudění, kterou můžeme spočítat ze vzorce:

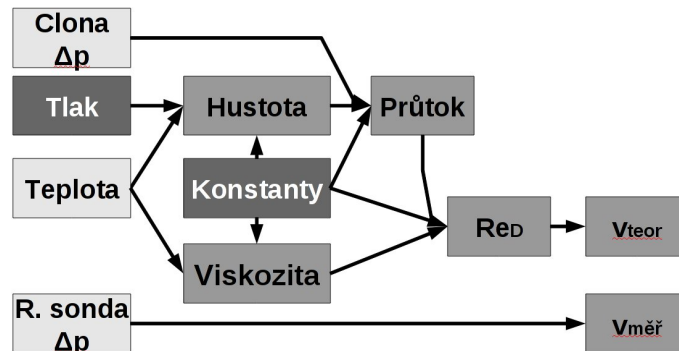
$$v = \frac{Re_D \cdot \nu}{D} \quad [m \cdot s] \quad (3)$$

Kde Re_D [-] je Reynoldsovo číslo, ν [$m^2 \cdot s^{-1}$] kinematická viskozita a D [m] průměr potrubí. Reynoldsovo číslo lze přitom spočítat při znalosti hmotnostního průtoku, dynamické viskozity a průměru potrubí. Obdobně kinematickou viskozitu spočítáme na základě znalosti tekutiny a její teploty.

3 MĚŘICÍ SOFTWARE

3.1 NÁVRH MĚŘENÍ

Návrh měření vycházel z existující měřicí trati. Pomocí ventilátoru je do ní vhněn vzduch a parametry průtoku jsou měřeny osazenými snímači s proudovým výstupem, smyčkou 4-20 mA. K měření je k dispozici měřicí karta NI USB-6008 s 12bitovými analogovými vstupy a sdílenou vzorkovací frekvencí 10 kHz. Datová karta nemá proudový vstup a je tedy nutné před vzorkováním proudový výstup snímačů převést na napětí na bočnicích.

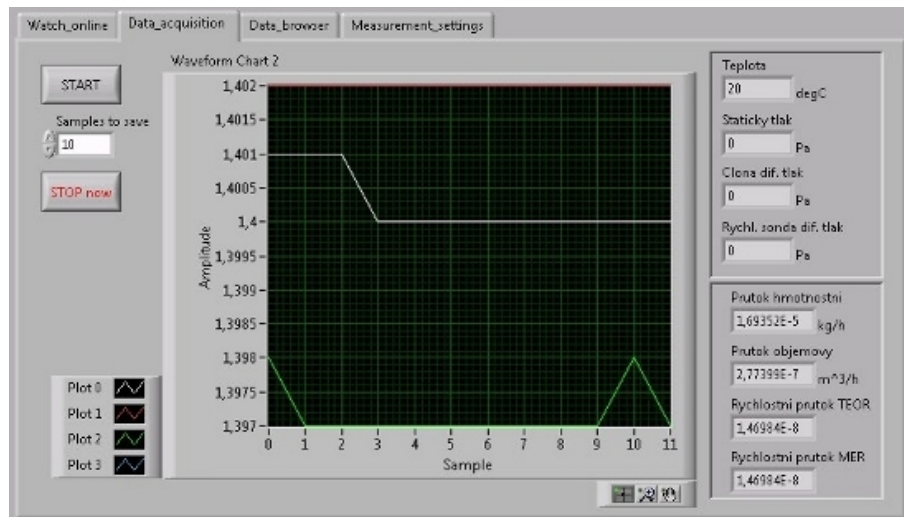


Obrázek 1: Diagram posloupnosti výpočtů.

3.2 REALIZACE

V prostředí LabVIEW byl vytvořen měřicí software zaznamenávající výstupy všech tří přístrojů na měřicí trati. Je tedy měřena teplota a dva diferenční tlaky. Pomocí známých vztahů, získaných zejména z [1], jsou z těchto hodnot vypočítávány hmotnostní a objemové průtoky, parametry média a průtoku (hustota, viskozita a Reynoldsovo číslo) a nakonec je vypočítáván teoretický rychlostní průtok. Paralelně s tímto je počítán rychlostní průtok měřený rychlostní sondou. Posloupnost těchto výpočtů jsou znázorněna na obrázku 1.

Program umí také vypočítat hodnotu součinitele rychlostní sondy a lze tak ověřit údaj udávaný výrobcem, případně změřit neznámou hodnotu tohoto součinitele. Konstanty software jsou plně nastavitelné, a tedy v případě změny na měřicí trati (průměr potrubí, změna clony, jiné odpory bočníků apod.) je možné tyto hodnoty v programu jednoduše změnit. Software zobrazuje aktuální hodnoty počítané z měřených dat a jejich časové změny vynáší pro přehlednost do grafů. Ukázka čelního panelu je na obrázku 2. Zároveň je možné měřené hodnoty zaznamenávat do souboru či dříve uložené záznamy prohlížet. Uložená data jsou ve formátu vhodném pro import do tabulkových procesorů. V budoucnu bude otestována i možnost ukládat data v komprimovaném formátu pro úsporu místa v případě déle trvajících měření.



Obrázek 2: Čelní panel pro záznam dat se zobrazením aktuálních hodnot.

4 ZÁVĚR

Na existující měřicí trať byl navržen a realizován měřicí software, který je schopen zaznamenávat a zpracovávat měřené veličiny (teplotu, diferenční tlak z clony a diferenční tlak z rychlostní sondy). Z měřených veličin software počítá aktuální parametry média a průtoku a tato data prezentuje jak aktuální hodnotou, tak i zobrazením časového vývoje do grafu, případně umí měřená data ukládat do souboru. Software dokáže změřit teoretickou rychlost průtoku v trati a tedy ověřit, či změřit neznámý součinitel rychlostní sondy.

REFERENCE

- [1] ČSN ISO 5167-1 (25 7710): Měření průtoku tekutin pomocí snímačů diferenčního tlaku. Část 1: Clony, dýzy a Venturiho trubice vložené do zcela vyplněného potrubí kruhového průřezu. Praha, říjen 1993. 68 s.
- [2] Víceotvorové rychlostní sondy, firemní katalog Vavra s.r.o., Brno.
- [3] Flow of fluids : through valves, fittings, and pipe (Metric Edition). New York : CRANE CO., 1982. ISBN 14-005-2731-9
- [4] KADLEC, K.: Snímače průtoku – principy, vlastnosti a použití (část 1), Automa: Časopis pro automatizační techniku, 10/2006, dostupné z URL: <http://www.odbornecasopisy.cz/download/au100605.pdf> (únor 2011)