

## MĚŘENÍ LDA ZA OBĚŽNÝM KOLEM VÍROVÉ TURBINY THE LDA MEASUREMENT UNDER WHIRL TURBINE RUNNER

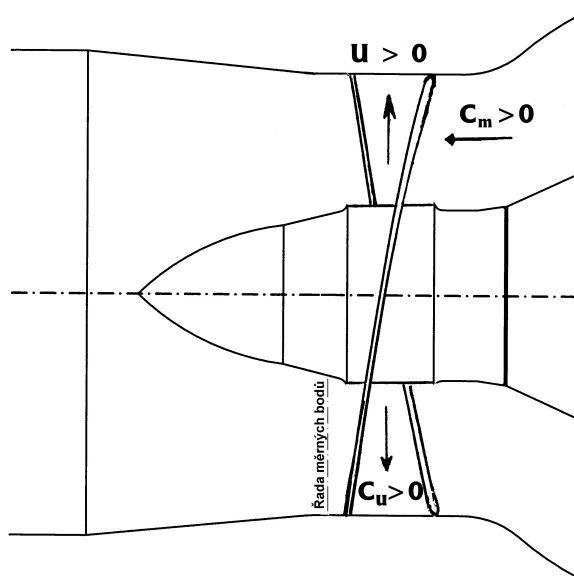
**ing. Miloslav Haluza, CSc.,** VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav, Odbor hydraulických strojů Victora Kaplana, Brno

**ing. Pavel Zubík,** VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb - LVV, Brno

V rámci vědeckovýzkumného záměru VVZ CZ 300004 s názvem “Ekologicky a ekonomicky přijatelné moderní energetické technologie“ byl vyvinut nový typ tzv. vírové turbíny, která se vyznačuje velmi dobrou průchodností a hltností oběžného kola a je vhodná pro zpracování extrémně nízkých spádů a dosahuje dobré účinnosti. Pro svou jednoduchost (turbína nemá rozvaděč) je její výroba poměrně velmi levná. Regulace je prováděna otáčkami – frekvenčním měničem. Oběžné kolo, které zpracovává energii kapaliny, je dvoulopatkové. Výkon je dosahován zejména vysokými otáčkami, krouticí moment je relativně malý.

Protože turbína nemá rozvaděč, je zákonité, že do savky stroje musí odtékat vír vytvořený oběžným kolem. Aby bylo dosaženo dobré účinnosti stroje, nesmí být tento výstupní vír příliš velký. Nakolik jsou splněny výpočtové předpoklady, je možno zjistit pouze měřením výstupního proudového pole. Takto získaná informace je důležitá pro zjištění přenosu energie celým oběžným kolem a umožňuje zjistit rezervy při obtékání profilů stroje. S ohledem na předchozí dobré zkušenosti byla zvolena bezkontaktní optická měřicí metoda - laserová dopplerovská anemometrie (LDA).

Použitá souprava LDA sestává z argonového laseru s výkonem 300 mW, optických prvků pro zpětnou metodu, traverzačního zařízení a procesoru FVA Dantec. Byly měřeny dvě složky vektoru rychlosti v řadě měrných bodů těsně za oběžnými lopatkami, viz obr.č.1 – meridiální složka (označená  $c_m$ ) a unášivá složka (označená  $c_u$ ).



Obr.č.1 : Měření za oběžným kolem turbíny

Díky synchronnímu ukládání fázovací značky (vytvářející speciálním zařízením sledujícím otáčení hřídele turbíny) k naměřeným rychlostem bylo možno zobrazit rozložení těchto složek rychlostí v závislosti na průběhu jedné otáčky. Takovéto měření dovoľovalo vyhodnotit chování proudového pole jako časoprostorového jevu.

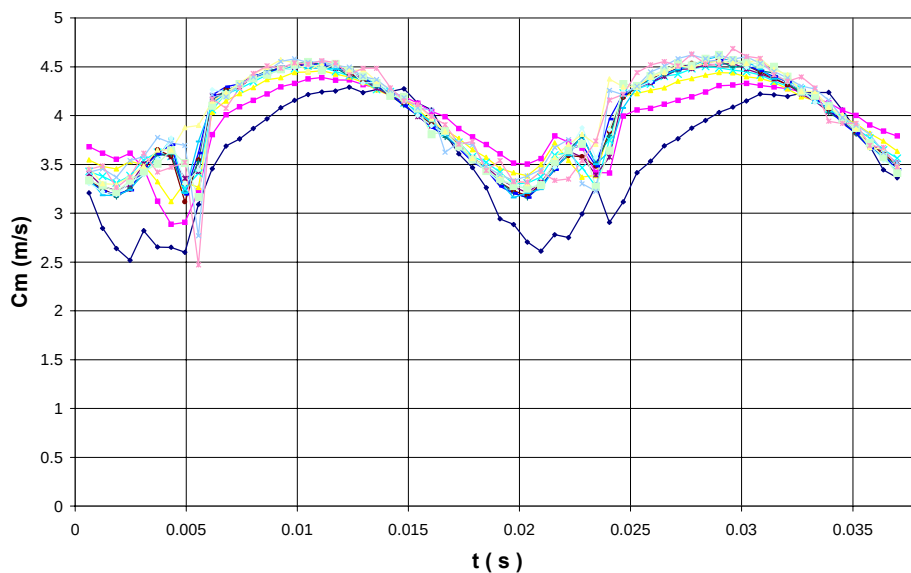
Pro zjištění přenosu energie z kapaliny na oběžné kolo byly stanoveny střední hodnoty složek rychlostí za oběžným kolem. Průtok ze změřených složek meridiálních rychlostí stanovený integrací  $Q = \int_S c_m dS$  prokázal velmi dobrou shodu s průtokem,

měřeným pomocí ověřeného indukčního průtokoměru zabudovaného ve zkušební trati.

Pro stanovení přenosu energie byla využita Eulerova turbinová rovnice ve tvaru  $gH\eta_h = u_0 c_{u0} - u_3 c_{u3}$ , kde indexy 0 platí pro místo před oběžným kolem a indexy 3 platí pro místo za oběžným kolem, kde bylo měřeno.

Po zjištění složek rychlostí za oběžným kolem, jejichž příklady jsou zobrazeny na obr.č.2 a 3 byly při známé hydraulické účinnosti ( $\eta_h$ ) a spádu (H) stanoveny unášivé složky rychlosti  $c_{u0}$  před oběžným kolem. To znamená, že ze změřeného výstupního proudu bylo výpočtem stanoveno vstupní proudové pole. Zde bylo zjištěno, že před oběžným kolem existuje mírná předrotace, která byla následným měřením před oběžným kolem (tímto novým poznatkem vyvolaným) potvrzena. Předrotace ovšem nebyla způsobena oběžným kolem, což bylo opět prokázáno LDA měřením proudového pole bez přítomnosti oběžného kola.

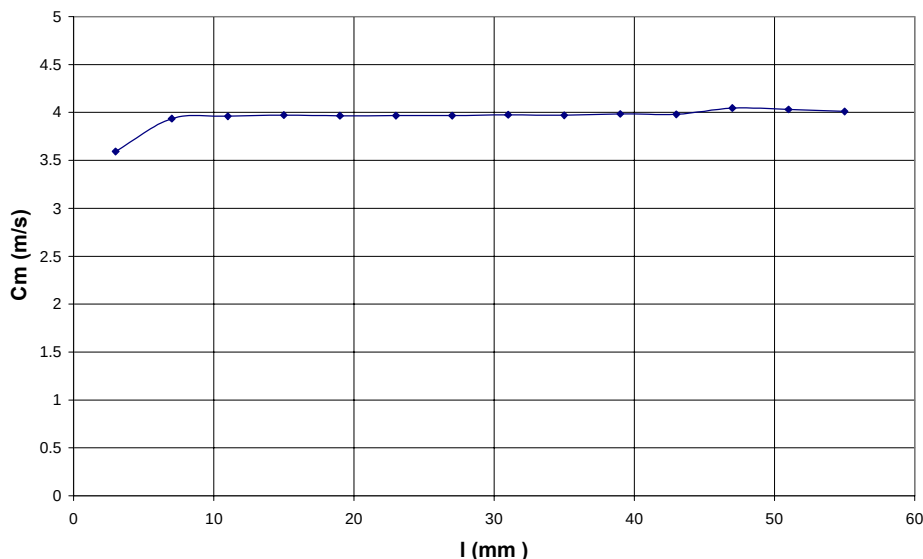
Respektováním této mírné předrotace je možné dosáhnout, za pomoci korekcí profilů oběžného kola, ještě vyšší účinnosti při zpracování energie kapaliny vysokých průtoků a nízkých spádů.



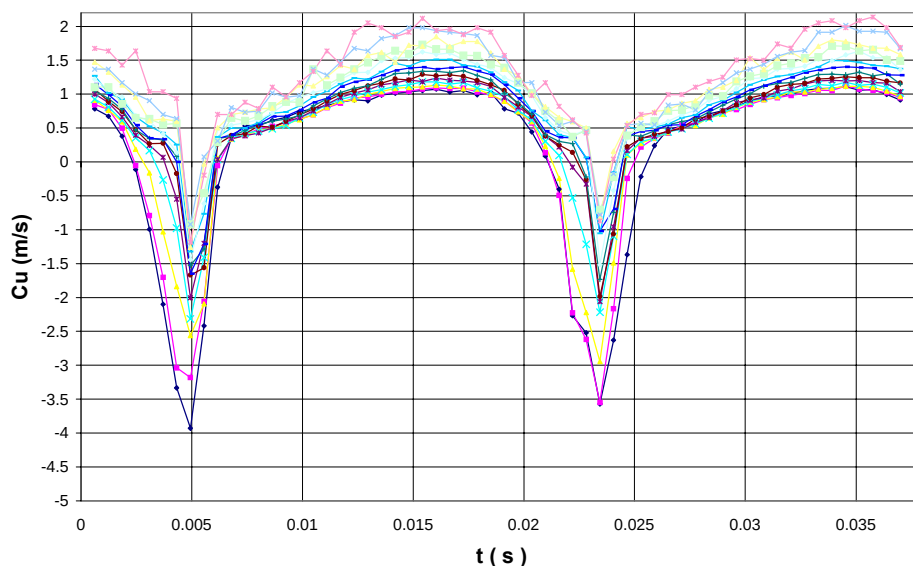
Obr.č.2 : Meridiální složky rychlosti za oběžným kolem

Na obr.č. 2 jsou znázorněny naměřené složky meridiální rychlosti za oběžným kolem, a to v různé hloubce proudového pole. Každá vynesená lomená čára znázorňuje měření v určité hloubce od komory oběžného kola, velmi blízko komory jsou data s nejnižšími

hodnotami. Z měření vyplynulo, že proudové pole se periodicky mění, proto jsou naměřené hodnoty vyneseny v závislosti na čase po dobu jedné otáčky oběžného kola. Tuto časoprostorovou záležitost je pro výpočet přenosu energie z Eulerovy rovnice nutno nahradit středními hodnotami rychlosti proudění. Ty byly vypočteny a jsou uvedeny na obr.č.3, v závislosti na poloze v proudovém poli (souřadnice  $l$ ), počínaje od komory oběžného kola.



Obr.č.3 Střední hodnoty meridiální složky rychlosti



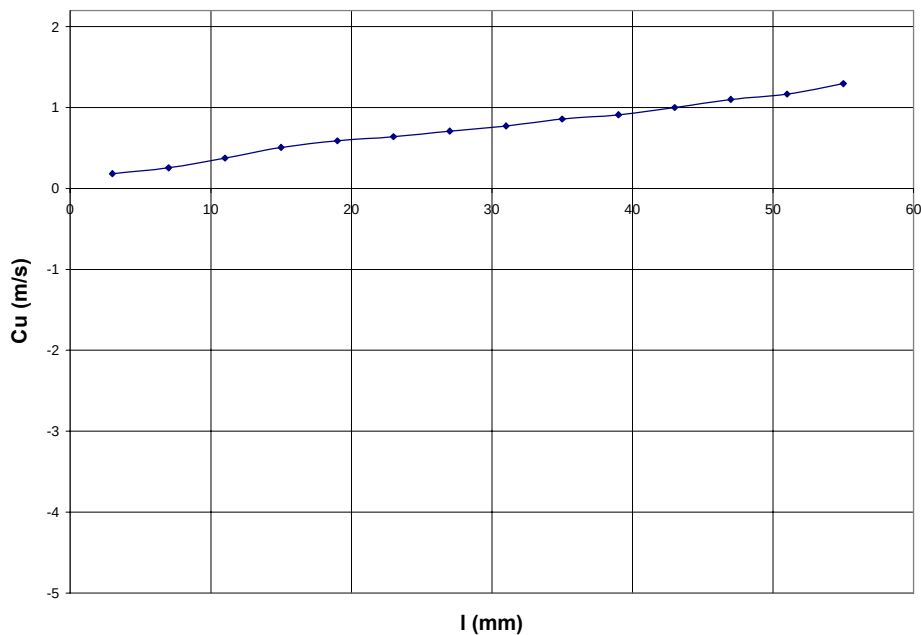
Obr.č.4 : Unášivé složky rychlosti za oběžným kolem

Na obr.č. 2 a 4 jsou patrný průchody dvou lopatek a vzniklý úplav za nimi.

Obr.č. 4, týkající se unášivých složek absolutní rychlosti je opět vynesena v závislosti na čase po dobu jedné otáčky kola.

Do Eulerovy turbinové rovnice vstupují střední hodnoty unášivé rychlosti, které byly vypočteny .

Na obr.č. 5 jsou znázorněny střední hodnoty unášivé rychlosti, které byly získány výpočtem z rychlostí naměřených ,uvedených na obr.č.4.



Obr.č.5 Střední hodnoty unášivé složky rychlosti

Závěr :

Po proměření proudového pole za oběžným kolem laserovým anemometrem lze konstatovat, že za oběžným kolem je složka meridiální rychlosti konstantní, jen blízko komory dochází k jejímu poklesu. Unášivá složka rychlosti se v proudovém poli mění lineárně od komory k náboji kola. Za oběžným kolem tedy vzniká vír, který je tímto měřením plně určen. Přepočtem pomocí Eulerovy turbinové rovnice lze získat vstupní proudové pole, které je zpracováno. Odlišností od skutečného vstupního proudového pole lze zjistit rezervy, jejichž využitím je možné ještě vylepšit účinnost oběžného kola v pracovním bodě stroje.

Poznamenáváme, že podrobný rozbor problematiky je v [ 2 ].

Literatura :

[ 1 ] Nechleba, M. : Vodní turbíny, jejich konstrukce a příslušenství. SNTL Praha, 1962

[ 2 ] Haluza, M. : Malé vodní turbíny pro velké průtoky a malé spády-aplikace Kaplanovy turbíny. Měření LDA v perifériích oběžného kola. Výzkumná zpráva VUT-EU-QR-59-00, VVZ-CZ 300004, VUT v Brně, prosinec 2000.