XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

NAGY TERHELÉSŰ AXIÁLIS VENTILÁTOR TERVEZÉSE SUGÁR MENTÉN NÖVEKVŐ CIRKULÁCIÓ MÓDSZERÉVEL

Fenyvesi Dániel, Dr. Szlivka Ferenc

Abstract

The lecture is about the increasing vortex along the radius (Non-free vortex design NFV). It is shown the properties of the mainly usual vortex functions and the advantages of NFV in construct to constant vortex design method (free vortex design: FV). We are dealing with the empirical formulas commonly used in practice, and the restrictions of it. The showed design method is able to design axial flow fans with high efficiency and high flow and pressure parameters. The impeller designed by this method is a good basic for the optimization of the impeller with the help of CFD (dihedral and blade sweep and the work point accurate fitting)

Összefoglalás

Előadás a sugár mentén növekvő cirkulációra (non-free vortex design: NFV) történő tervezést ismerteti. Tárgyaljuk a gyakorlatban leginkább elterjedt perdület függvények tulajdonságait, ismertetjük a tervezés előnyeit az állandó cirkulációval (FV) szemben. Bemutatjuk a tervezői gyakorlatban leginkább elterjedt empirikus összefüggéseket, és a tervezés korlátozó feltételeit. Az ismertetésre kerülő tervezési módszer alkalmas jó hatásfokú nagy áramlási teljesítményű lapátrács tervezésére. A módszerrel számolt referencia járókerék biztos alapot szolgáltat CFD megoldáson nyugvó járókerék optimalizálásra (v-állás és nyílazás, munkapont precízebb feladathoz illesztése).

1. Bevezetés

Tervezési feladat megoldása során azt a perdület $(r \cdot v_{3u})$ eloszlást – sebességi háromszögeket –

keressük, amely kielégíti a felvett $(Q, \Delta P_t)$ számpárost. Az Euler turbina-egyenlet értelmében, az

adott sugáron a járókerék által keltett perdület ($\sim$ cirkuláció) arányos az össznyomáskülönbséggel.

$$\Delta P_t(r) = \rho u v_{3u} \quad (1)$$

A lapátrács tervezés lépései

Sebességi háromszögek számítása:

- állandó cirkuláció módszere;
- változó cirkuláció módszere.

Lapátrács számítása:

- járókerék lapátok mint izolált szárnyak $((s/c) \gg 0.5)$;
- sík szárnyrácsmérések eredményei.

Az NFV tervezés jellemzői:

- A perdület függvény monoton nő: $(r \cdot v_{3u})_{NFV} = f(r) \Rightarrow \{\Gamma(r) : \nearrow \Rightarrow \Delta P_t(r) : \nearrow\}$.

2. Agynál az elterelés – általában - kisebb, így többen a leválási veszély csökkenthető. Nagyobb sugarakon elhelyezkedő lapátmetszetek a teljesítmény növeléséhez jobban hozzájárulnak, ami a meg növekedett szállítósebesség (u) miatt előnyös.
3. Egy fokozatban megvalósítható $\overline{\psi}$ növelhető, axiális ventilátor alkalmazhatóság kiterjesztését jelenti.
4. Adott $(\overline{\psi}, \overline{\varphi})$ mellett az agy szabadabban választható.
5. Adott munkapont alacsonyabb kerületi sebességgel valósítható meg.
6. Technológiailag egyszerűbb (elcsavaratlan vagy állandó szélességű) lapátózás tervezhető.
7. Lapátcsatornában a radiális közegátrendeződés („szekunder veszteség”) nagyobb.
8. Különlegesen nagy térfogatáramok érhetőek el kis agyviszony mellett.

2. Perdület függvény felvétele, meridián sebesség egyenlet származtatása

A perdület függvény felvételével elsődleges célunk a többeli metszetek tehermentesítése, és ezáltal a nagyobb sugarakon elhelyezkedő metszeteken a terhelés fokozása. Járókerék mögötti tangenciális sebesség eloszlást célszerű hatványfüggvényként felvenni [2]:

$$v_{3u} = k \cdot r^n \quad (2)$$

Az n perdületkitevő értékétől függően:

	n = -1	n = 0	n = 1
v_{3u}	hiperbolikus	állandó	lineáris
$r \cdot v_{3u}$	állandó	lineáris	parabolikus

n = -1 felvétele „speciális” esetet, FV tervezést jelent. Számítás során az a (k, n) számpáros keresendő, amely a következő két mellékfeltételt is kielégíti:

a) Kontinuitás;

$$Q = 2\pi \int_{r_i}^{r_a} v_{3m}(r) \cdot r dr \quad (3)$$

b) Teljesítmény egyenlet.

$$\overline{\Delta P_t} = \frac{2\pi}{Q} \int_{r_i}^{r_a} v_{3m}(r) \Delta P_t(r) \cdot r dr \quad (4)$$

A rácsáramlás differenciál egyenlete a össznyomás-különbség egyenlet sugár menti deriváltja. A rácsáramlás differenciál egyenlete az össznyomás-különbség egyenlet sugár menti deriváltja:

$$\frac{d(Y_t)}{dr} = \frac{1}{\rho} \frac{dp_3}{dr} - \frac{1}{\rho} \frac{dp_0}{dr} + \frac{1}{2} \frac{d(v_3^2)}{dr} - \frac{1}{2} \frac{d(v_0^2)}{dr} \quad \text{ahol } Y_t = uv_{3u} \quad (5)$$

Az egyenletet integrálva a kilépő meridián sebesség:

$$v_{3m}^2(r) = \frac{n+1}{n} k^2 [r_a^{2n} - r^{2n}] - 2k\omega [r_a^{n+1} - r^{n+1}] + v_{3ma}^2 \quad (6)$$

Lapátsúcson a kilépő meridián sebesség (v_{3ma}) ismeretlen, értékének meghatározása a kontinuitásból történik iterációval. Számításnál törekedni célszerű a szilárdsági és a gyártástechnológiai követelményeket jobban kielégítő állandó húr hossz (l) létrejöttére.

3. Lapátrács számítása

Cél: sebességi háromszögeket (elterelést) realizálni tudó lapátrács számítása, minimális hidraulikai veszteség mellett. Rácssűrűség az elterelés függvényében, Howell szerint [1]:

$$\tan \alpha_0 - \tan \alpha_3 = \frac{1.55}{1 + 1.5(s/c)} \quad (7)$$

Howell a szárnyrács mérésnél nem vette figyelembe a csatornafali határreteg vastagodást, ezért a kilépési szög számítására McKenzie a következő összefüggést [4] javasolta:

$$\delta = (1.1 + 0.31\theta)(s/c)^{1/3} \approx \delta_{\text{Howell}} + 2^\circ \quad (8)$$

Ez összhangban van Cumpsty tapasztalataival [3].

4. NFV tervezés korlátozó feltételei

Feltétel a lokális mennyiségi számra

$$[\varphi(r)]_{\min} \geq (0.7 \dots 0.8) \bar{\varphi} \quad (9)$$

Betartása általában kis agyviszonyú, nagy szállítást megvalósító ventilátoroknál lehet gond.

Feltétel a közegelterelésre [2]

$$\left(\frac{v_{3u}(r_i)}{v_m(r_a)} \right)_{NFV} < \left(\frac{v_{3u}(r_i)}{v_0} \right)_{FV} \quad (10)$$

Lieblein diffúzió szám [3]

$$DF = \left(1 - \frac{w_2}{w_1} \right) + \frac{v_{3u}}{2(c/s)w_1} \quad (11)$$

Optimális rácsgeometria szükséges feltétele [3]: $0.35 \leq DF \leq 0.6$. (11) alapján belátható, hogy sűrű rács esetén, DF „kisebbre” adódik, azaz a C_p eloszlás a szívott oldal mentén egyenletesebb lesz, ez összhangban van Pfeil [2] megállapításával is.

5. Járókerék számítási példa

Számítás NFV módszerrel állandó húr hosszra.

Járókerék jellemzői (1. ábra): $\overline{\Delta P_t} = 588 \text{ Pa}$, $Q = 3.36 \text{ [m}^3/\text{s]}$, $r_a = 315 \text{ [mm]}$, $r_i = 213 \text{ [mm]}$, $n_f = 1200 \text{ [1/min]}$, $N = 16 \text{ db}$ (lapátszám, felvett), $Re = 3,06 \cdot 10^5$ (középérték), $n = -0.4$ (iterált). Sebességi háromszögek és a lapátrács számítását, Fortran90 nyelven írt programmal végeztük el. Lapátmetszeteket brit C4-el profiloztuk.

Járókerék axonometrikus ábra

Felhajtóerő-tényező ábra

Diffúzió szám ábra

Lokális fi és psi ábra

1. ábra. GEK-26 járókerék jellemzői

6. Irodalmi hivatkozás

- [1] Wallis, R. A.: Axial flow fan, George Newnes Limited, London, 1983.
- [2] Somlyódy L.: Axiálventilátorok tervezése és jelleggörbeszámítása, Műszaki doktori értekezés, BME, 1971
- [3] Cumpsty, N. A.: Compressor aerodynamics, Longman Scientific & Technical, NY, 1998.
- [4] McKenzie A. B.: The selection of fan blade geometry for optimum efficiency, Proc. Instn. Mech. Engrs., IMechE., London, 1988.

Fenyvesi Dániel, doktorandus

Dr. Szlivka Ferenc, egy. docens

SZIE, GÉK, KÖRI

Cím: 2103, Magyarország, Gödöllő, Páter K. u., 1.

E-mail: hdri.szie@gmail.com