

## **Alkalmazott áramlástan és akusztika**

(önálló felkészülést segítő tananyag az akusztika részhez)

Összeállította: Dr. Koscsó Gábor c. egyetemi docens (BME Áramlástan Tanszék)

12. előadás

### **Tartalom:**

12.1. Ventilátorok zaja (előadásvázlat)

12.2. Gyakorló feladatok

### **12.1 Ventilátorok zaja**

Zajkonfliktus szempontjából kiemelkedően fontosak a zajtól védett környezetben nagy számban megjelenő, nagy hangteljesítményű berendezések. Ilyen például a ventilátor (pl.: épületgépészet alkalmazások) vagy a belsőégésű motorok (gépjárművek lakóterület közútjain). Lesznek további széleskörben elterjedt zajforrások kis hangteljesítményszint kibocsátással (pl.: háztartási hűtőgép), vagy kisszámú, zajtól védett környezetben kívül telepített nagy hangteljesítményszintű zajforrások (pl.: erőművi gőzturbina), ezek zajkonfliktus szempontjából kevésbé jelentősek. Az előbbi megfontolás alapján, a gépészeti zajvédelemben előforduló számos zajforrás közül, a ventilátorok és a belsőégésű motorok zajkeltésével foglalkozunk részletesebben. Jelen előadás keretei között a ventilátorok zajkeltésének módját, illetve a csendes konstrukció és üzemeltetés szempontjait foglaljuk össze. A ventilátorok zajkibocsátását alapvetően mechanikai és áramlási eredetű zajforrások hozzák létre.

#### **Mechanikai eredetű zajok:**

- Kiegyensúlyozatlan forgórész által keltett rezgés miatt kialakuló zaj lesugárzás. (A kiegyensúlyozatlanság statikus és dinamikus lehet. Statikus kiegyensúlyozatlanság esetén a forgórész súlypontja és a forgástengely nem esik egybe, pl.: egy acéltárcsa excentrikus forgástengellyel. Dinamikus kiegyensúlyozatlanság esetén a forgástengely a forgórész tehetetlenségi főtengelyek egyikével sem esik egybe (pl.: egykezes súlyzó, amelyet a nyele közepén átmenő, de a nyélre nem merőleges, hanem valamilyen hegyesszöget bezáró tengely körül forgatunk.)
- Meghajtás zaja (Ventilátorok járókerekeit általában elektromos motor forgatja, amely összetett zajforrás, mechanika, mágneses és áramlási eredetű rész zajforrásokkal.)
- Erőátvitel zaja (10 kW teljesítményig általában a meghajtó elektromos motor tengelyére szerelik a járókereket, így erőátvitelre nincs szükség. Ennél nagyobb teljesítmény esetén a járókereket független csapágyazás támasztja alá, a motor és a járókerék között az erőátvitelt tengelykapcsolóval oldják meg. Ha a motor és a járókerék fordulatszáma eltér, az erőátvitelhez leggyakrabban szíjhajtást alkalmaznak.)
- Csapágyak zaja (Ventilátortengely megtámasztásához gördülő és siklócsapágyak alkalmazása egyaránt szokásos.)
- Ventilátorház (csigaház, csőház) falának rezgése.

Megfelelő konstrukció és jó műszaki állapot esetén ventilátoroknál a mechanikai eredetű zajok elhanyagolhatók az áramlási eredetű zajokhoz képest. A ventilátor meghatározó zajforrásai az áramlási eredetű zajforrások.

#### **Áramlási eredetű zajok:**

- Forgási zaj: A forgási zajt a mozgó lapátok térfogat kiszorító hatása hozza létre. A forgási zaj monopólus hangkeltés, amely tiszta hangot hoz létre, a forgási zaj frekvenciája,

$$f_f = n N$$

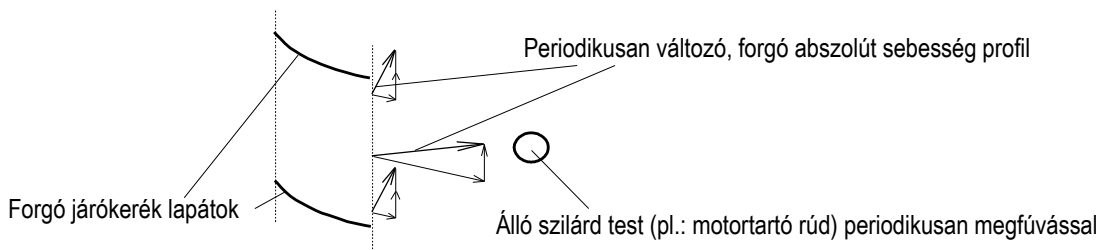
Ahol a keltett hang a frekvenciája ( $f_f$ ), a járókerék fordulatszáma ( $n$ ), a járókerék lapátok száma ( $N$ ). Szokásos járókerék kerületi sebesség mellett (legfeljebb 50m/s) a fogási zaj általában elhanyagolható a többi áramlási eredetű zajösszetevőkhöz képest.

- Turbulens határréteg zaj: A ventilátorokban a szokásos sebesség, a jellemző méret és közeg viszkozitás figyelembe vételével általában turbulens áramlás alakul ki, a belső határoló felületek mentén turbulens határréteggel. A turbulens határrétegben a szilárd felület mentén nyomásingadozás, ezzel összefüggésben a folyadékrészecskékre ható időben változó erőhatás alakul ki, amely dipólus jellegű hangkeltést eredményez. A turbulencia szélessávú jellegének megfelelően a határrétegzaj frekvencia megoszlása is szélessávú. A turbulens határréteg zaj más áramlási zajforrás összetevőkhöz képest nem jelentős.

- Turbulens megfúvás zaja: A járókerékbe belépő áramlás általában turbulens jellegű, számos esetben az áramlást további zavarások terhelik (csatorna könyök leválása, védőrács, ...). A turbulencia illetve a további zavarások miatt a járókerék lapátok megfúvása ingadozó nagyságú és irányú. A megfúvás egyenetlensége miatt a lapáton ébredő erőhatások (felhajtó- és ellenálláserő), illetve a folyadékrészecskékre ható erők is időben ingadozó jellegűek lesznek. A turbulens megfúvás zaj dipólus hangkeltés, az áramlási zajok között általában meghatározó összetevő, amely kedvezőtlen beépítéssel tovább növelhető. A turbulens megfúvás zaj frekvencia megoszlása a turbulencia spektrumára vezethető vissza, amely általában szélessávú.

- Nyomzaj: A járókerék lapátok szívott és nyomott oldalán felépülő eltérő áramlás a lapát kilépő él után egymás mellett sodródva, instabil áramlási nyíróréteget hoz létre. A nyírórétegben húzó-nyomó és csúsztató feszültség ingadozás jön létre, amely kvadrupólus hangkeltést eredményez. Frekvencia megoszlását tekintve a nyomzaj szélessávú zaj. A ventilátorokban szokásos sebesség értékek figyelembe vételével a nyomzaj nem jelentős hangforrás összetevő.

- Egymásra-hatás zaj: A forgó járókerék elé és mögé helyezett álló zavaróelemek (pl.: elő- és utóterelő lapátsor, motor felfüggesztés) áramlási kölcsönhatása miatt keletkező zaj. A folyamat megértéséhez vegyük például a forgó járókerék és a mögötte elhelyezett motortartó rúd között kialakuló egymásra-hatás zaj keletkezését. A lapátrácsból kilépő abszolút sebesség a kerületi sebesség és a relatív sebesség összege. A járókerékből kilépő közeg kerületi sebessége a lapátsatorna közepén kisebb, mint a lapát felülete mentén („perdület apadás”), míg a relatív sebesség közepén nagy és a lapát felület közelében kicsi (határréteg). A véges számú lapátot tartalmazó járókerékből kilépő áramlás álló koordinárendszerből nézve periodikusan változó nagyságú és irányú megfúvást hoz létre. Emiatt a járókerék mögött elhelyezett motor tartó rudat periodikus megfúvás éri, amely dipólus hangkeltést okoz.



Egymásra-hatás zaj kialakulás forgó lapátrács és álló szilárd test között

Az egymásra-hatás zaj domináns tisztahangú összetevőt tartalmaz, amely frekvenciája ( $f_e$ ),

$$f_e = n Z$$

Ahol a járókerék fordulatszáma ( $n$ ) és egy teljes fordulatánál létrehozott zavarások száma ( $Z$ ). Radiális ventilátorok tipikus egymásra-hatás zaj összetevője a nyelvzaj, a járókerékből kilépő levegő

által a radiális ventilátor nyelvét érő periodikusan ingadozó nagyságú és irányú megfúvás hangja. Az egymásra hatás zaj meghatározó áramlási zaj összetevő, nagyságát a rossz ventilátor konstrukció jelentősen növelheti.

Tapasztalati úton nyert (empirikus) összefüggés a ventilátor által kisugárzott hangteljesítményszint ( $L_w$  [dB]) becslésére:

$$L_w = 40 + 10 \lg \frac{q_v}{q_{v0}} + 20 \lg \frac{\Delta p_{\bar{o}}}{\Delta p_{\bar{o}0}}$$

Ahol a ventilátor által szállított térfogatáram ( $q_v$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]), a referencia térfogatáram ( $q_{v0} = 1$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]), a ventilátor által létrehozott össznyomásnövekedés ( $\Delta p_{\bar{o}}$  [Pa]), a referencia össznyomásnövekedés ( $\Delta p_{\bar{o}0} = 1$  [Pa]).

### Konstrukciós és üzemi szempontok a zajcsökkentéshez:

- Jellemző sebesség csökkentése
- Üzemi pont helyes megválasztása
- Az egymásra-hatás zaj megfelelő konstrukciós kialakítással jelentősen csökkenthető. Radiális ventilátorok nyelvzajának csökkentésére a  $\Delta r/R > 0,25$  illetve  $r/R > 0,2$  arányokat célszerű alkalmazni. Ahol a nyelv hézag ( $\Delta r$ ), a járókerék külső sugár ( $R$ ) és a nyelv lekerekítés sugara ( $r$ ). Axiális ventilátorok esetében az  $s/h > 0,5$  viszony betartása javasolt. Ahol a járókerék és a zavaróelem közötti távolság ( $s$ ), lapát húrhossz ( $h$ ).
- Lapátok elferdítése (radiális és axiális esetben is)
- Egybeeső zavarások elkerülése (járókerék lapátszám és álló lapátsorban a lapátok száma relatív prímek legyenek).
- A ventilátor járókerék belépő keresztmetszetében zavarásmentes, egyenletes, alacsony turbulenciafokú áramlás kialakítása. Például nyugvó térhez csatlakozó, rövid lekerekített szívónyílás kialakítása.
- A ventilátorház rezonancia elkerülése, a gerjesztési frekvencia és a ventilátor szerkezeti sajátfrekvenciák szétválasztása.

### 12.2. Gyakorló feladatok

Gy.1. Sorolja fel, és röviden jellemezze a ventilátorok zajkeltési mechanizmusának legfontosabb összetevőit és adja meg a zajtalan berendezés kialakításának szempontjait!

Gy.2. Határozza meg egy négylapátos axiális ventilátor járókerék és egy négy-küllős tárcsás elektromos motor felfüggesztés között kialakuló egymásra-hatás zaj domináns frekvenciáját! A ventilátor lapátok és a motortartó küllők osztása egyaránt 90 fok, illetve az elektromos motor fordulatszáma 2880 ford./perc.

Megoldás: A járókerék és a motortartó küllők osztása egymással megegyező  $90^\circ$ . Az azonos osztás miatt a lapátok és a küllők egyszerre fordulnak egymásra, így a létrehozott zavarás időben egyszerre alakul ki. Ezért a 4 lapát és 4 küllő ellenére, egy teljes járókerék fordulat során csak 4 független zavarás alakul ki, a  $Z$  értéke 4.

$$f_e = n Z = (2880/60) 4 = 192 \text{ Hz}$$

Megjegyzés: A szögosztás módosításával, pl. három-küllős motor felfüggesztéssel az egybeeső zavarások száma, így a meghatározó frekvencia összetevő amplitúdója (tonális zajösszetevő) csökkenthető.

-----