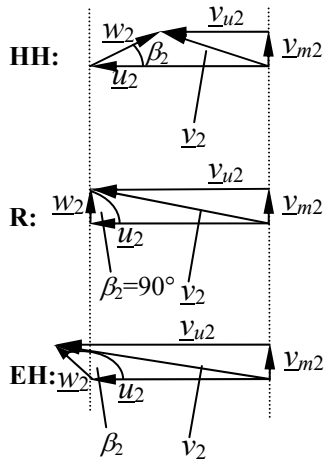


4. RADIÁLIS ÁTÖMLÉSŰ VENTILÁTOROK ÜZEMVITELE

4.1. Ideális és valóságos jelleggörbék



4.1. ábra. Kilépő sebességi háromszögek

ELMÉLETI MEGFONTOLÁSOK:

Elméleti kilépő sebességi háromszögek: a relatív kilépő sebesség párhuzamos a kilépő éllel.

Elméleti kilépő sebességi háromszögekből levonható következtetések (4.1. ábra):

- Adott meridiánsebesség mellett az előrehajló lapátozás adja a legnagyobb v_{u2} tangenciális kilépő sebességkomponenst. Adott fordulatszám esetén ez arra utal az Euler-turbinaegyenlet alapján (perdületmentes belépésre $\Delta p_{\delta id} = \rho u_2 v_{u2}$), hogy az előrehajló lapátozás hozza létre a legnagyobb össznyomás-növekedést. (V. ö. legnagyobb össznyomászám)
- Az össznyomás-növekedés statikus és dinamikus nyomásnövekedésből tevődik össze. Perdületmentes belépésre a dinamikus nyomásnövekedés:

$$\Delta p_{din} = \rho/2 (v_{u2}^2 + v_{m2}^2 - v_{m1}^2) \quad (4.1)$$

A meridiánsebesség-változás hatásának elhanyagolásával:

$$\Delta p_{din} \approx \rho/2 v_{u2}^2 \quad (4.1a)$$

$$\Delta p_{st id} = \Delta p_{\delta id} - \Delta p_{din} = \rho/2 [v_{u2} (2 u_2 - v_{u2}) - v_{m2}^2 + v_{m1}^2] \approx \rho v_{u2} (u_2 - v_{u2}/2) \quad (4.2)$$

A reakciófok (általános definíció, ideális esetre az „id” indexekkel) [1]:

$$\tau = \Delta p_{st} / \Delta p_{\delta} \quad (4.3)$$

Jelen esetre

$$\tau \approx \rho v_{u2} (u_2 - v_{u2}/2) / (\rho u_2 v_{u2}) = 1 - [v_{u2}/(2 u_2)] \quad (4.3a)$$

Fentiekből megmutatható, hogy az előrehajló lapátozás össznyomás-növelésének jelentős részét a dinamikus nyomás növelése teszi ki (fokozott $[v_{u2}/(2 u_2)]$ érték, mérsékelt reakciófok).

Ez fokozott áramlási sebességeket jelent, amelyekkel fokozott veszteség jár együtt. Ez magyarázza az előreahajló lapátos ventilátorok mérsékelt hatásfokát.

- A munkapontot változtatva a lapátok belépő élét változó belépési szöggel támadja az áramlás. (A valóságban ebből leválás adódik a belépő él közelében.) Feltételezve, hogy a változó megfűvésből adódó leválási zónák a lapátsatornában megszűnnek, a kilépő relatív áramlás mindenkor érintőleges a kilépő élre, vagyis a 4.1 ábrán látható w_2 sebességvektorokkal párhuzamos. Az üzemállapot (térfogatáram) változásakor, állandó kerületi sebesség feltételezésével az abszolút kilépő sebességvektor végpontja a w_2 vektorral párhuzamos egyenes mentén mozdul el. Ebből megszerkeszthető az ún. elméleti jelleggörbe.

Az állandónak feltételezett β_2 kilépő áramlási szög tangense:

$$\operatorname{tg} \beta_2 = v_{2m} / (u_2 - v_{2u}) \quad (4.4)$$

Felhasználjuk, hogy

$$\Delta p_{\delta \text{ id}} = \rho u_2 v_{u2} \quad (4.5)$$

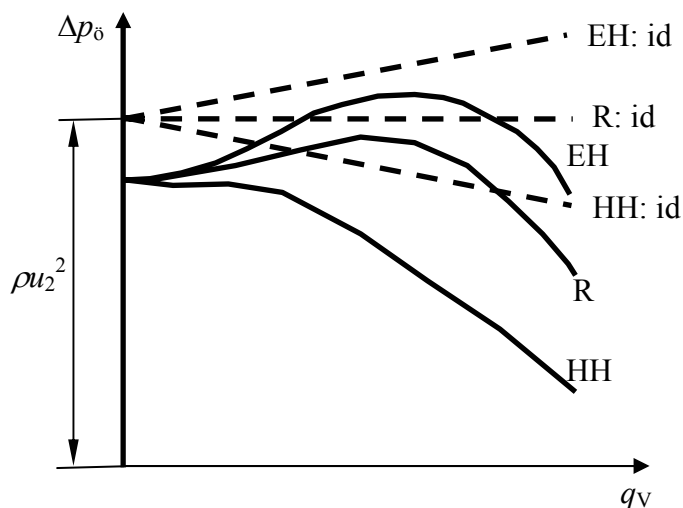
És

$$q_V = D_2 \pi b_2 v_{2r} \quad (3.1)$$

Ezzel az ideális jelleggörbék egyenlete:

$$\Delta p_{\delta \text{ id}}(q_V) = \rho u_2^2 - q_V \operatorname{ctg} \beta_2 (\rho u_2 / D_2 \pi b_2) \quad (4.6)$$

Lineáris görbék. A $\Delta p_{\delta \text{ id}} = \rho u_2^2$ pontból indulnak ki, amely merevtest-szerű forgásnak felel meg. $\operatorname{ctg} \beta_2$ alakulásának megfelelően az EH lapátosnál pozitív, a R lapátosnál zérus, a HH lapátosnál negatív meredekségű egyenesek (4.2 ábra).



4.2. ábra. Radiális ventilátorok ideális és valóságos jelleggörbéi

Az ideális jelleggörbék alapján csak az a pont becsülhető, amelyre a gépet tervezték. A valóságos jelleggörbék jelentősen különböznek az elméletitől:

$$\Delta p_{\delta} = \eta_h \Delta p_{\delta \text{ id}} \quad (4.7)$$

Veszteségek forrásai – leegyszerűsített szemléletmód:

- 1/ Sűrűlódási veszteségek: $\sim v^2 \sim q_v^2$
- 2/ Csigaházon, egyéb helyeken leválás stb. $\sim v^2 \sim q_v^2$
- 3/ Megfűvási irány változása a munkapont függvényében - leválás a szívott (tervezésinél kisebb térfogatáram) vagy nyomott (tervezésinél nagyobb térfogatáram) oldalon – „megfűvási veszteség” a tervezésitől eltérő munkapontokban, fokozódik az eltéréssel.
- 4/ Véges lapátszám miatt: lapátcsatornák. Szekunder áramlás.

Már a katalógusban megadott jelleggörbéből becsülhető a típus. Előrehajló: fokozott méretű visszahajló ág. Labilis üzem miatt fokozott körültekintést igényel!

Pl. HELIOS RADAX SchwenkOut csatornaventilátorok: hátrahajló lapátozás (4.3. ábra).

Pl. HELIOS RADAX csatornaventilátorok: előrehajló lapátozás (4.4. ábra).

[HELIOS RADAX csatornaventilátorok:

Járókerék-átmérő:

200 mm

225 mm $225 / 200 = 1.125$

250 mm $250 / 225 = 1.111$

285 mm $285 / 250 = 1.140$

315 mm $315 / 285 = 1.105$

355 mm $355 / 315 = 1.127$

400 mm $400 / 355 = 1.127$

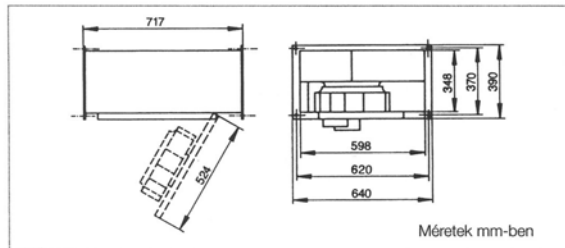
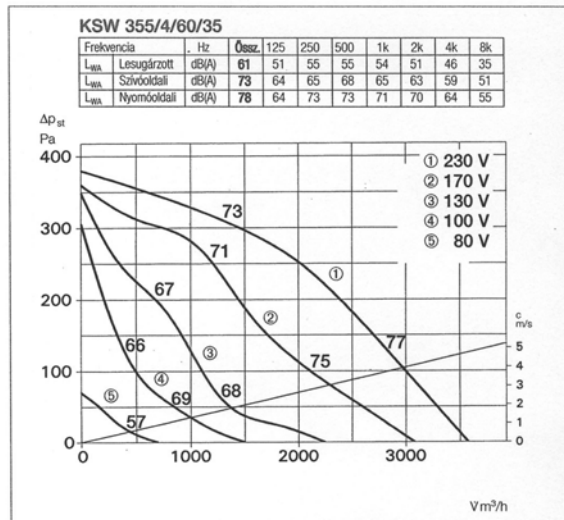
450 mm $450 / 400 = 1.125$

Az arányok célszerűen közelítik az R20 ún. 20-as Rénard-sor szorzóját: $\sqrt[20]{10} = 1.122$

A különféle szabványos műszaki méretek különféle alapú Rénard-sorok szerint strukturálódnak (MSZ 1700, 1702).]



ø 355 és 400 mm RADAX®-SchwenkOut csatornaventilátor (hátrahajló lapátozással) négyzetletes légcsatornához, 60 x 35 cm



Különleges tulajdonságok

- Kiváló hatásfokú radiális ventilátor, nagy nyomásnövekedésre és légmennyiségre.
- A motor-járókerék egység kihajtható, ezért könnyen karbantartható, tisztítható.
- Könnyű tisztíthatósága alkalmassá teszi erősen szennyezett közeg szállítására is.
- Kompakt kialakítású, kis helyszükségletű, egyenes légcsatornába építhető.

Műszaki leírás

- Ház**
Anyaga horganyzott acéllemez. A légcsatornába mindkét oldalon 20 mm széles Metz-peremmel csatlakoztatható.
- Járókerék**
A radiális, hátrahajló lapátozású járókerék optimalizált kialakítású csigaházban forog. A hátlap anyaga horganyzott acél, a lapátozás műanyag. A hozzááramlás szívótáskán és beszívó tölcséren keresztül történik, ezért fontos a zavartalan működés.
- Motorvédelem önműködően.**
A motor tekerceslével sorbakapcsolt termokontakkal.

Teljesítmény szabályzás

Fokozatmentesen (elektronikusan) vagy 5 fokozatú trafón keresztül feszültségcsökkentéssel lehetséges. A jelleggörbe mezőkben jelöltük az egyes görbékhez tartozó feszültség-szinteket.

Hajtás

Lásd a bal katalógusoldal adatait.

Villamos bekötés

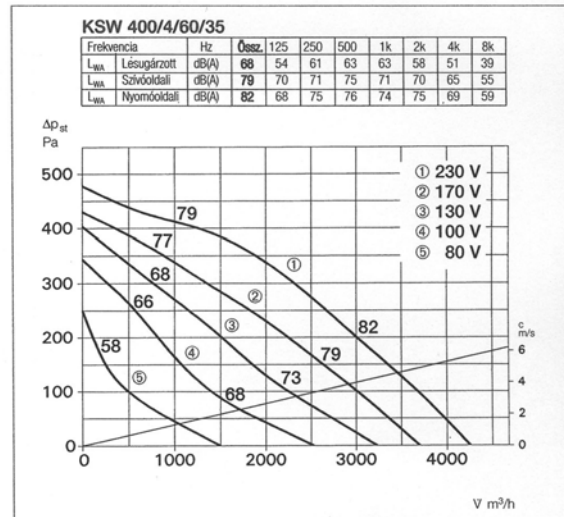
Az IP 55-ös csatlakozódoboz motoroldalról gyárilag a kábelkivezetéshez (kb 1,5 m hosszú) be van kötve.

Beépítés

Minden irányban lehetséges. A nyithatóságra ügyelni kell!

Zajadatok

A jelleggörbék felett található az össz-szinteket, valamint az oktávsváros spektrumot az alábbiakra:
- Hangteljesítményszint, (házon keresztül lesugárzott)
- Szívóoldali
- Nyomóoldali
A jelleggörbemezőben, szabályzott üzem esetén a szívóoldali hangteljesítményszintek közeli munkaponthoz tartozó értékei olvashatók.



Tartozékok

Átmeneti idomok

FSK 60/35 rend. sz.0835

Négyzetletes csatornaventilátorok kör keresztmetszetű csövekhez való könnyű és gazdaságos csatlakoztatásra.

Rezgéstompító

VS 60/35 rend. sz.5698

Ellenkarima

GF 60/35 rend. sz.6923

Légcsatornába építhető szabályzó zsalu

JVK 60/35 rend. sz.6914

Hangcsillapító

KSD60/30-35 rend. sz.8730

Légszűrő

KLF 60/30-35 rend. sz.8722

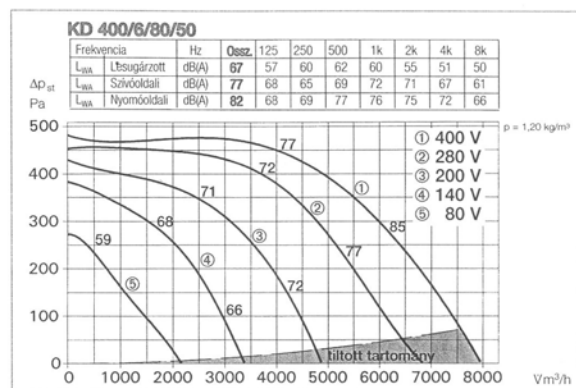
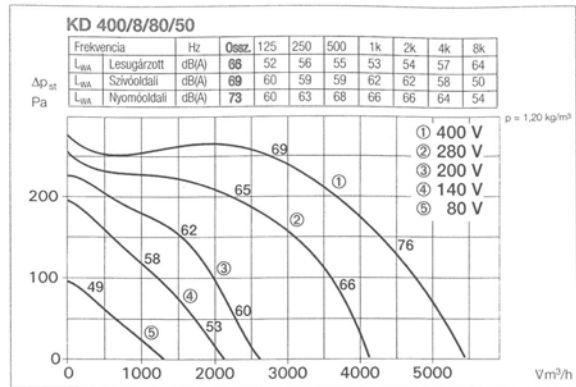
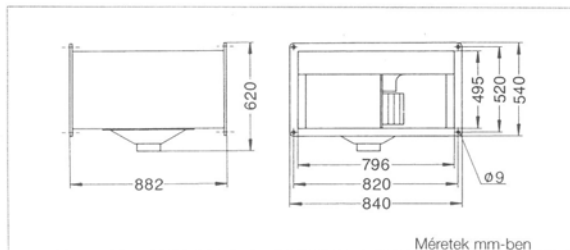
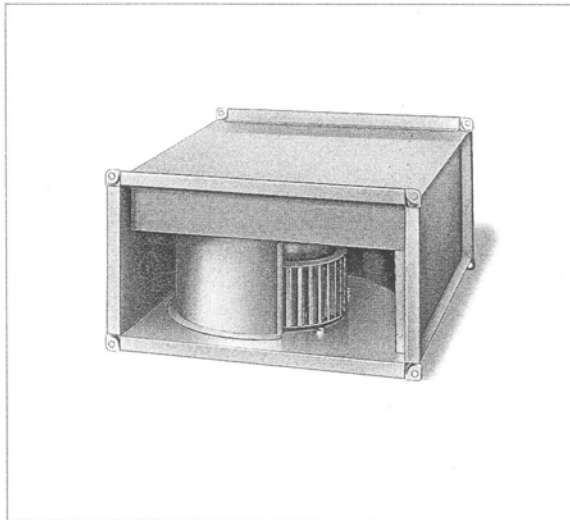
További tartozékok

Tartozék	oldal
Fodulatszám szabályzó és motorvédő kapcsolók	204...
Túlnyomás-kibocsátók és esővédő zsaluk	148, 159...
Légszűrők, fűtőelemek és hangcsillapítók	149...

Típus	rend. szám	max. légszállítás	fordulatszám	hangnyomás házon kisugárzott	teljesítmény felvétele	bekötési rajz	megengedett közeg hőmérséklet névleges szabályzó	tömeg	5 fokozatú fordulatszám szabályzó motorvédelemmel	Motorvédő kapcsoló termokontakthoz				
		V m ³ /h	min ⁻¹	dB(A) 4 m-re	kW	A	SS +°C +°C	kg	Típus	rend. szám.	Típus	rend. szám.		
Egyfázisú, 230 V, 50 Hz, Kondenzátormotor, IP 54 védetség														
KSW 355/4/60/35	8692	3575	1385	41	0,38	1,8	434	65	55	35	MWS 3	1948	MW	1579
KSW 400/4/60/35	8693	4260	1335	48	0,57	2,5	434	55	50	35	MWS 3	1948	MW	1579

4.3. ábra. Példa hátrahajló lapátozású gépek jelleggörbéjére [6]

RADAX®-Csatornaventilátorok, ø 400 mm (előrehajló lapátózással)
80 x 50 cm négyszögletes légcsatornákhöz



Jellemzők

Ház

Kétoldali Metz-peremekkel, horganyzott acéllemezről, helytakarékos építésű

Járókerékek

A jó hatásfokú, radiális, előrehajló lapátózású, horganyzott acél anyagú, alacsony zajszintű járókerék optimalizált kialakítású csigaházban forog. A beszívó tölcse előtti hozzááramlás legyen zavartalan.

Hajtás

Karbantartást nem igénylő külső forgórészes motorral, amelyre rá van csavarozva a járókerék. Zárt kivitel. Védettség IP 54. Trópusálló tekercselés, nedvesség ellen védő impregnálással. Golyóscsapágyazású, a rádióvértelt nem zavarja. A zaj- és rezgésmentes üzem érdekében a forgó részek dinamikusan kiegyensúlyozottak és rugalmasan rögzítettek.

A csatlakozó doboz védettsége
IP 54.

Motorvédelem

A beépített termokontakt kivezetései motorvédő mágneskapcsolóhoz csatlakoztatandók.

Teljesítmény szabályzás

Fokozatmentesen (elektronikusan) vagy 5 fokozatú trafón keresztül feszültség-csökkentéssel lehetséges. A jelleggörbéműzökben jelöltük az egyes görbékhez tartozó feszültségszinteket.

Zajadatok

A jelleggörbék felett található az össz-szinteket valamint az oktávásos spektrumot az alábbiakra:
- Hangteljesítményszint, házon keresztül lesugárzott
- Szívóoldali
- Nyomóoldali

Beépítés

Minden tengelyhelyzetben lehetséges.

Tartozékok

Átmeneti idomok

FSK 80/50 rend. sz.0842
Négyzetes csatornaventilátorok kör keresztmetszetű csövekhez való könnyű és gazdaságos csatlakoztatásra.

Rezgéstompító

VS 80/50 rend. sz.5700
Ellenkarima rend. sz.6925
GF 80/50 rend. sz.6925

Légcsatornába építhető szabályzó zsalu
JVK 80/50 rend. sz.6916

Hangtompító
KSD 80/50 rend. sz.8732

További tartozékok	oldal
Fodulatszám szabályzók és Motorvédő kapcsolók	204...
Túlnyomás-kibocsátók és esővédő zsaluk	148, 159...
Hangcsillapítók	156...

Hivatkozások	oldal
Műszaki leírás	108
Kiválasztási táblázatok	109
Méretezési alapok	12...
"Építőköcska elv"	126

Típus	rendelési szám	max. légszállítás $\text{V m}^3/\text{h}$	fordulat-szám min^{-1}	Hangnyomás házon kisugárzott dB(A)4 m-re	teljesítmény felvétel kW	bekötési rajz A	megengedett közeg hőmérséklet névleges szabályzott SS	tömeg		5 fokozatú motorvédelem nélkül	fordulatszám szabályzó motorvédelemmel		motorvédő kapcsoló termokontaktához			
								kg	Típus		rend.szám	Típus	rend.szám	Típus	rend.szám	
Háromfázisú, 230/400 V, 50 Hz, IP 54 védettség																
KD 400/8/80/50	5690	5380	555	46	1,1	4,2/2,4	499	40	40	63	TSD 3,0	1502	RDS 4	1316	MD	5849
KD 400/6/80/50	5691	7550	840	47	2,7	8,5/4,9	499	60	60	71	TSD 5,5	1503	RDS 7	1578	MD	5849

4.4. ábra. Példa előrehajló lapátózású gépek jelleggörbéjére [6]

4.2. Elméleti teljesítményigény

Elméleti jelleggörbe:

$$\Delta p_{\delta id} = A + B q_V \quad (4.8)$$

Tengelyteljesítmény:

$$P = (\Delta p_{\delta} q_V) / \eta_h = \Delta p_{\delta id} q_V = A q_V + B q_V^2 \quad (4.9)$$

A biztonságos üzem (motor-túlterhelés elkerülése) érdekében megkeresik a felvett tengelyteljesítmény maximumát, és a motor névleges teljesítményét ehhez választják úgy, hogy 1.2 motor-biztonsági tényezőt alkalmaznak (20 % túlterhelés még nem okoz gondot).

Maximális tengelyteljesítmény:

$$\partial P / \partial q_V = A + 2 B q_V = 0 \quad (4.10a)$$

úgy, hogy

$$\partial^2 P / \partial q_V^2 = 2 B < 0 \quad (4.10b)$$

HH: $B < 0$: Itt megkereshető a helyi maximum, $P(q_V)$ parabolikus.

R: $B = 0$: Nincs helyi maximum, $P(q_V)$ lineárisan nő.

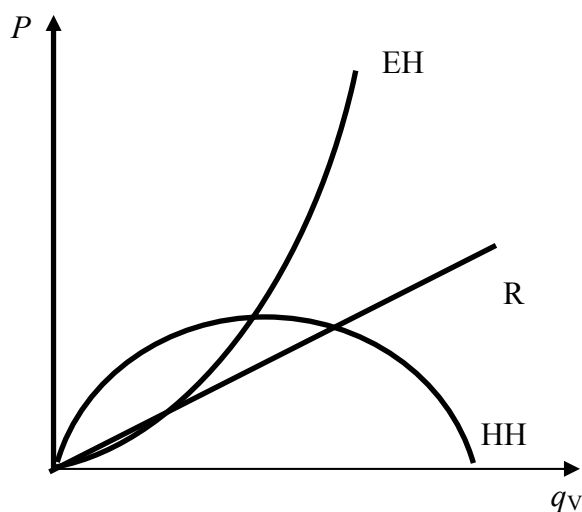
EH: $B > 0$: Nincs helyi maximum, $P(q_V)$ parabolikusan nő. 4.5. ábra.

Intézkedések a R, EH motorjának túlterhelése ellen:

1/ Kijelölt maximális térfogatáramra legyen biztonságos (+ 20 %)! Az üzemállapot-tartományban TILTOTT TARTOMÁNY kijelölése. 4.4. ábra.

2/ Indítás mindig zárt állapotban! Pl. A nyomóoldalon motoros zsalu elhelyezése, amely a ventilátor-motor hajtó teljesítmény-elektronikájával összehangoltan az üzemi fordulatszám elérése után fokozatosan nyit.

3/ Motorvédelem: pl. termokontakt kivezetések, hőkioldás. Üzemvitel szempontjából nem cél, hogy ez működésbe lépjen.



4.5. ábra. Elméleti teljesítményigény

4.3. Gyakorló feladat

Dr. Marschall József Ventilátorok és fúvók c. előadásának (BMEGEÁT 4054) nyomán:

$q_V = 38\,000\text{ m}^3/\text{h}$ térfogatáramú forró füstgáz szállításához kell katalógusból ventilátort választanunk úgy, hogy eleget tegyen a megbízható üzemvitelnek (a motor ne terhelődjön túl). A füstgáz hőmérséklete $t_{\text{meleg}} = 400\text{ °C}$, nagy légfeleslegű gáztüzelésből származik (összetétele nem különbözik nagy mértékben a levegőtől, $R \approx R_{\text{lev}} = 287\text{ J}/(\text{kgK})$). Az áramlástechnikai rendszer az égési folyamat megkezdésekor hidegen indul. Előzetes számításunk szerint **hideg levegő esetén** a ventilátornak $\Delta p_{\text{ö}} = 3000\text{ Pa}$ össznyomás-növekedést kell produkálnia.

A. Első lehetőség:

A gép által szállított térfogatáram független a sűrűségtől, a sebességi háromszögekből láthatóan. Ennek felhasználásával katalógusból hidegüzemre ($t_{\text{hideg}} = 20\text{ °C}$, $\rho_{\text{hideg}} = 1.2\text{ kg}/\text{m}^3$) választunk ventilátort, $\Delta p_{\text{ö}} = 3000\text{ Pa}$, $q_V = 38\,000\text{ m}^3/\text{h}$ adatokkal. (t : a hőmérséklet $^{\circ}\text{C}$ -ban mérve.) (A katalógusban hideg levegő-sűrűsége találunk adatokat, még kifejezetten füstgázventilátorok esetén is. Melegvíz-szivattyúknál egyébként a hidegüzemre való gépválasztás alapelv.) Ezzel a hidegindításnál biztonsággal elkerüljük a motor túlterhelését.

A1. Mekkora a ventilátor által hidegüzemben felvett tengelyteljesítmény?

$\eta_h = 75\%$ feltételezésével:

$$P_{\text{hideg}} = (\Delta p_{\text{ö hideg}} q_V) / \eta_h = 42\,200\text{ W}$$

A2. Ellenőrzésképpen a katalógusban leellenőrizzük a motor névleges teljesítményét. 50 kW motorteljesítmény-adatot találunk, amely magában foglalja a kb. 20% biztonságot.

A3. Az égési folyamat beindulása után a sűrűség

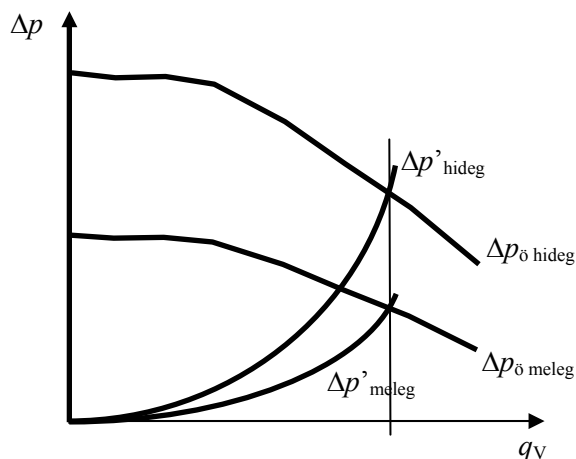
$$\rho_{\text{meleg}} = \rho_{\text{hideg}} (T_{\text{hideg}} / T_{\text{meleg}}) = 1.2 (20 + 273) / (400 + 273) = 0.52\text{ kg}/\text{m}^3$$

A térfogatáram a sűrűségtől függetlenül $q_V = 38\,000\text{ m}^3/\text{h}$.

A4. Az össznyomás-növekedési igény a névleges térfogatáramon a sűrűségek arányában változik:

$$\Delta p_{\text{ö meleg}} = \Delta p_{\text{ö hideg}} (T_{\text{hideg}} / T_{\text{meleg}}) = 3000 (20 + 273) / (400 + 273) = 1300\text{ Pa}$$

Azonban a ventilátort terhelő nyomáskülönbség is a sűrűségek arányában csökken, ha az origóból induló terhelési görbéről van szó (4.6. ábra).



4.6. ábra. A sűrűségváltozás hatása állandó fordulatszámon

B. Második lehetőség:

A katalógusból melegüzemre választunk ventilátort: $\Delta p_{\delta} = 1300 \text{ Pa}$, $q_V = 38\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ (persze a katalógusban ezen munkaponthoz tartozó jelleggörbénél is $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ megjegyzést találunk).

B1. A melegüzemi tengelyteljesítmény:

$$P_{\text{meleg}} = (\Delta p_{\delta} q_V) / \eta_h = 18\,300 \text{ W}$$

B2. A katalógus ehhez a géphez 24 kW névleges teljesítményű motort rendel, amely így biztosítja a szükséges tartalékot. A motor névleges fordulatszáma $n_{\text{meleg}} = 960 \text{ 1/min}$.

B3. Ha ezt a gépet hidegen indítanánk, a $P_{\text{hideg}} = 42\,200 \text{ W}$ messze a biztonsági tartalékon is túl terhelné a gépet (pl. a hőkioldó leállítaná, és így nem lehetne a rendszert beüzemelni). Ha a folyamatos füstgázvezetés már az égési folyamat elején szükséges, a gépet csökkentett fordulatszámon indítjuk, pl. frekvenciaváltós szabályzással.

A tengelyteljesítmény a fordulatszám köbével arányos, mivel

$$\Delta p_{\delta} \sim \rho n^2, q_V \sim n$$

Így a hidegindítási fordulatszám:

$$n_{\text{hideg}} = n_{\text{meleg}} \sqrt[3]{\frac{P_{\text{meleg}}}{P_{\text{hideg}}}} = 960 \sqrt[3]{\frac{18300 \text{ W}}{42200 \text{ W}}} = 727 \text{ 1/min}$$

Ellenálláshőmérőt beépítve, a szállított közeg hőmérsékletének – és így sűrűségének – alakulását figyelemmel kísérjük és a motort úgy pörgetjük fel, hogy a tengelyteljesítmény ne lépje túl a melegüzemi teljesítményt. A frekvenciaváltós fordulatszám-szabályzásnak a következő $n(t)$ függvényt írjuk elő:

$$n[1/\text{min}] = n_{\text{hideg}} \sqrt[3]{\frac{T}{T_{\text{hideg}}}} = \frac{727}{\sqrt[3]{293}} \sqrt[3]{t[^\circ\text{C}] + 273} = 109.5 \sqrt[3]{t[^\circ\text{C}] + 273}$$

C. Harmadik lehetőség:

Ha megengedett, hogy az égési folyamat beindításakor még nem történik füstgázvezetés, a B. eset szerint választunk ventilátort, de zárt állapotban indítunk. Akkor nyitjuk a zsaluzatot, ha a füstgáz pl. ellenálláshőmérővel mért hőmérséklete elérte az üzemi hőmérsékletet.

Gondoskodnunk kell arról, hogy a motor túláramvédelme megakadályozza a véletlenszerű hidegindításkor fellépő leégést. Mekkora legyen a túláramvédő által még megengedett áram?

$$P = 24\,000 \text{ W}$$

$$\eta_{\text{motor}} = 0.92$$

$$P_{\text{vill}} = P / \eta_{\text{motor}} = \sqrt{3} U I \cos \varphi$$

$$U = 380 \text{ V}$$

$$\text{Fázistényező: } \cos \varphi = 0.86 \dots 0.89$$

$$\text{Ebből } I \approx 44 \text{ A}$$

A túláramvédő ennél $10 - 15 \text{ A}$ –ral nagyobb értéket megenged. A motor pl. 55 A áramot átmenetileg elbír.

ÖSSZEHASONLÍTÁS:

	Első lehetőség	Második lehetőség
Előnyök	A túlterhelés biztonságos elkerülése, külön szabályzást nem igényel	Mérsékelt gép- és motorméret + tömeg (olcsóbb gép, beépítés szempontjából kedvezőbb)
Hátrányok	Túlméretezett gép \Rightarrow fokozott gép- és motorméret + tömeg (drágább gép, beépítés szempontjából kedvezőtlen)	Külön szabályzást igényel \Rightarrow költségek