

Sugaras csőhálózat szakaszonként állandó, de nem azonos hőmérsékletű elemekből fölépítve

Egy csőszakasz jellemzői:

- az átáramló tömegáram (térfogatáram) a szakasz bármely keresztmetszetében megegyezik
- a szakaszon a hőmérséklet $T[\text{K}]$ közel állandó (a hőleadás gyakorlatban elhanyagolható)
- az áramló közeg sűrűsége –egy szakaszon belül– közel állandó, a nyomásvesztés hatása a sűrűségszámításra elhanyagolható.
- egy szakasz nyomásesése: $\Delta p = \rho \cdot k \cdot x^2$,

ρ [kg/m^3] a közeg sűrűsége

k [m^{-4}] a szakasz ellenállás tényezője

$$k = \frac{1}{2} \cdot \left(\sum \frac{1}{A^2} \cdot \lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \frac{1}{A^2} \cdot \xi \right) [\text{m}^{-4}]$$

- a csőhálózatban azonos minőségű közeg áramlik, az anyag jellemzők hőmérséklettől, való függésétől eltekintünk, így a gázállandót $R[\text{J}/\text{kgK}]$ továbbá az állandó nyomáson mért fajfő c_p [J/kgK] számértékét állandónak tekintjük.

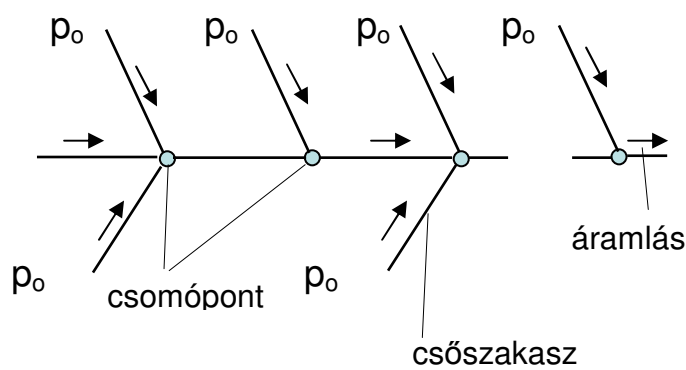
A számításhoz az 1.és 2. ábrán ábrázolt átalakításokat, és a hozzátartozó jelöléseket alkalmazzuk.

Jelölések:

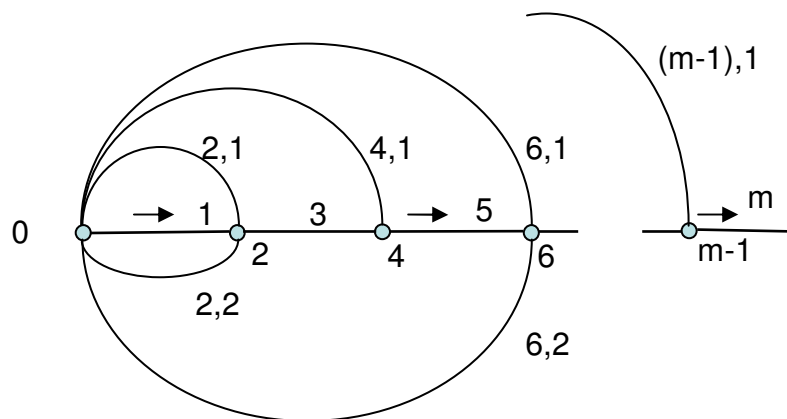
- Jelöljük valamennyi térfogatáram irányát. Az irányok a feladattól függően egyértelműen eldönthetők.
- Válasszuk egyébként tetszőleges csőszakaszokból álló un. „főágot. Főágnak célszerű a rendszer leghosszabb nyomvonalán elhelyezett csőszakaszok összességét tekinteni. A főág elemeinek sorszáma: 1,3,5,...m. (páratlan számok). Az utolsó „m” sorszámú elemen a teljes térfogatáram halad át.
- A főágat csomópontok szakaszolják Az egyesített (azonos nyomású elszívó vagy befúvó) pont sorszáma: 0 .(A teljes térfogatáram itt „lép be vagy ki” a hálózatból)

- A további csomópontok sorszáma páros szám: 2,4,6,...m-1.
- A csomópontokba mellékágak csatlakoznak A csöveket kettős index-szel jelölve, az első a csomópont sorszáma (2,4,...m-1) a második a csomópontba befutó mellékág sorszáma j=1,2,3,... k.

Megjegyzés : A j=1 sorszámú elemnek kiemelt szerepe van a számítás során. A gyakorlatban általában egy, de kettőnél több mellékág ritkán fordul elő.



1. ábra



2. ábra

Használjuk ki, hogy bármely csomópontban a nyomáskiegyelődésből adódóan a statikus nyomás a fő- és a mellékágakra nézve ugyanaz, azaz pl. a 2. ábra 2. csomópontjára

$$\rho_1 \cdot T_1 = \rho_{2j} \cdot T_{2j} = \rho_3 \cdot T_3 = p_2 / R.,$$

ahol p_2 [Pa] a 2. csomópontban a nyomás

A csomóponti törvény szerint, az érkező és távozó tömegáramok azonosak:

$$\rho_3 x_3 = \rho_1 x_1 + \sum \rho_{2j} x_{2j}, \text{ azaz}$$

$$\rho_5 x_5 = \rho_3 x_3 + \sum \rho_{4j} x_{4j}$$

·
·
·

$$\rho_m x_m = \rho_{m-2} x_{m-2} + \sum \rho_{m-1,j} x_{m-1,j}, \quad (1)$$

Az (1) egyenletsor, $\rho_i = \frac{p}{R \cdot T_i}$, helyettesítéssel

$$\frac{x_3}{T_3} = \frac{x_1}{T_1} + \sum \frac{x_{2j}}{T_{2j}}$$

$$\frac{x_5}{T_5} = \frac{x_3}{T_3} + \sum \frac{x_{4j}}{T_{4j}}$$

·
·
·

$$\frac{x_m}{T_m} = \frac{x_{m-2}}{T_{m-2}} + \sum \frac{x_{m-1,j}}{T_{m-1,j}} \quad (1a)$$

A huroktörvény szerint zárt hurokra a nyomásesések előjeles összege zérus. Legyen a választott hurok elemei minden esetben egy főág és a főág kezdő és végpontjához csatlakozó mellékág. (Pl. főág 5, mellékágak 4,1 és 6,1, azaz a hurkot 0. a 4. és a 6. csomópontok alkotják.)

A sugaras hálózatoknál az első hurok mindig két elemből áll.

$$\rho_1 k_1 \cdot x_1^2 = \rho_{2,j} k_{2,j} \cdot x_{2,j}^2$$

$$\rho_{4,1} k_{4,1} \cdot x_{4,1}^2 = \rho_3 k_3 \cdot x_3^2 + \rho_{2,1} k_{2,1} \cdot x_{2,1}^2$$

·
·
·

$$\rho_{m-1,1} k_{m-1,1} \cdot x_{m-1,1}^2 = \rho_{m-2} k_{m-2} \cdot x_{m-2}^2 + \rho_{m-3,1} k_{m-3,1} \cdot x_{m-3,1}^2 \quad (2)$$

Mellékágakra nézve

$$\rho_{2,1} k_{2,1} \cdot x_{2,1}^2 = \rho_{2,j} k_{2,j} \cdot x_{2,j}^2 \dots \rho_{m-3,1} k_{m-3,1} \cdot x_{m-3,1}^2 = \rho_{m-3,j} k_{m-3,j} \cdot x_{m-3,j}^2$$

Az (2) egyenletsorban, $\rho_i = \frac{p}{R \cdot T_i}$, helyettesítéssel, kihasználva, hogy a sűrűségek a

hőmérsékletekkel fordítottan arányos

$$x_{2,1} = x_1 \cdot \sqrt{\frac{k_1}{k_{2,1}}} \sqrt{\frac{T_{2,1}}{T_1}} \qquad x_{2,j} = x_{2,1} \cdot \sqrt{\frac{k_{2,1}}{k_{2,j}}} \sqrt{\frac{T_{2,j}}{T_{2,1}}}$$

$$x_{4,1} = x_1 \frac{\left(k_3 \frac{T_{4,1}}{T_3} \cdot x_3^2 + k_{2,1} \frac{T_{4,1}}{T_{2,1}} x_{2,1}^2 \right)^{0,5}}{\sqrt{k_{4,1}}} \qquad x_{4,j} = x_{4,1} \cdot \sqrt{\frac{k_{4,1}}{k_{4,j}}} \sqrt{\frac{T_{4,j}}{T_{4,1}}}$$

·
·
·

$$x_{m-1,1} = x_1 \frac{\left(k_{m-2} \frac{T_{m-1,1}}{T_{m-2}} \cdot x_{m-2}^2 + k_{m-3,1} \frac{T_{m-1,1}}{T_{m-3,1}} x_{m-3,1}^2 \right)^{0,5}}{\sqrt{k_{4,1}}}$$

$$x_{m-1,j} = x_{m-1,1} \cdot \sqrt{\frac{k_{m-1,1}}{k_{m-1,j}}} \sqrt{\frac{T_{m-1,j}}{T_{m-1,1}}} \qquad (2a)$$

azaz a (2a) egyenlet sorra jutunk.

Hőmennyiségek azonosságát a csomópontokra fölírva, $\rho \cdot T = \frac{p}{R} \equiv$ állandó fölhasználásával

(3) egyenlet sorra jutunk:

$$\rho_3 x_3 c_p T_3 = \rho_1 x_1 c_p T_1 + \sum \rho_{2j} x_{2j} c_p T_{2,j},$$

$$\rho_5 x_5 c_p T_5 = \rho_3 x_3 c_p T_3 + \sum \rho_{4j} x_{4j} c_p T_{4,j},$$

·

.
.

$$\rho_m x_m c_p T_m = \rho_{m-2} x_{m-2} c_p T_m + \sum \rho_{m-1,j} x_{m-1,j} c_p T_{m-1,j}, \text{ azaz} \quad (3)$$

A egyszerűsítés után a (3a) egyenlet sorra jutunk:

$$x_3 = x_1 + \sum x_{2j},$$

$$x_5 = x_3 + \sum x_{4j}$$

.
.
.

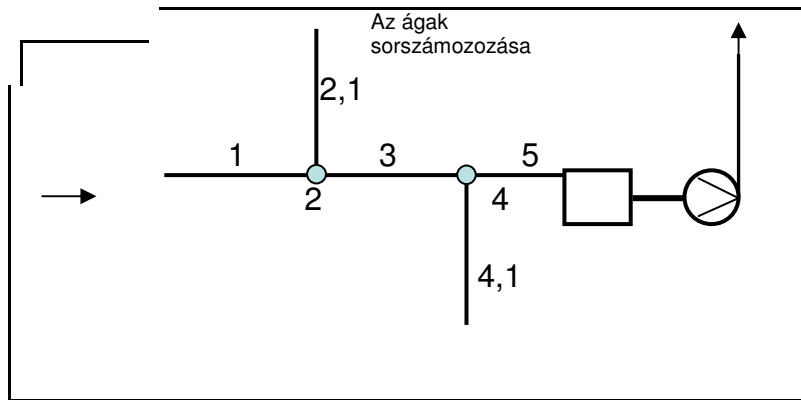
$$x_m = x_{m-2} + \sum x_{m-1,j} \quad (3a)$$

Az 1a, 2a ,3a egyenletek egymásba helyettesítésével a mellékágak hőmérsékletének, a hálózat ellenállás-tényezőinek ismeretében térfogatáramok kiszámíthatók.

A szükséges nyomásesés, amit ventilátornak teljesíteni kell, a főág (az összes páratlan indexű elem) nyomáseséseinek összege:

$$\Delta p_{\text{rendszer}} = \sum (\rho \cdot k \cdot x^2)_{\text{főágakra}}$$

6-6
DR MARSCHALL JÓZSEF

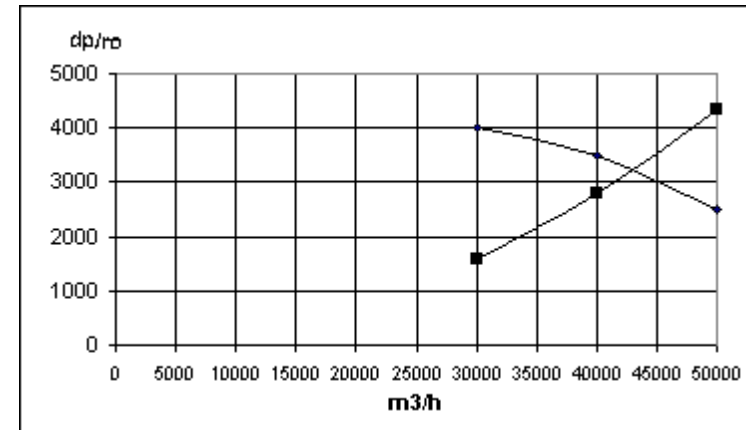


ventilátor		rendszer ellenállás
q[m ³ /h]	dp/ro[Pa/kg/m ³]	dp/ro[Pa/kg/m ³]
30000	4000	1563
40000	3500	2778
50000	2500	4341

K1=	18,3	m ⁻⁴
K21=	14,9	m ⁻⁴
K3=	5,45	m ⁻⁴
K41=	112	m ⁻⁴
K5=	16,8	m ⁻⁴

T1=	433	K°
T21=	298	K°
T41=	298	K°

tartalmazza a szűrőt+ kéményt is



x21/x1		0,92
x3/x1		1,92
T3/T1		0,82
x41/x1		0,51
T21/T1		0,69
x5/x1		2,43
T41/T1		0,69
T5/T1		0,79

A x5 érték a ventilátor és a rendszer karakterisztika metszéspontja

x5	43000	m ³ /h
x1	17682	m ³ /h
x21	16257	m ³ /h
x3	33939	m ³ /h
x41	9061	m ³ /h
T3	356	K°
T5	342	K°

dp/ro _{rendszer}		22,50
---------------------------	--	-------